UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

ANNÉE 1898-99 N° 261

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES FILTRES NATURELS

LES

EAUX D'ALIMENTATION

De la Ville de Toulouse

LEUR HISTOIRE. — LEUR ROLE AU POINT DE VUE HYGIÉNIQUE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Par Antoine MANDOUL

Présentée et soutenue publiquement le 16 Juillet 1898.

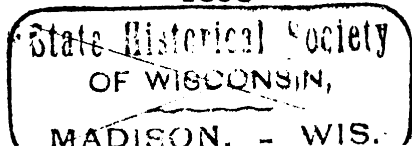
NOMS DES EXAMINATEURS : MM. GARRIGOU, A. *Président*; PENIERES, BRÆMER, A., GUIRAUD, A. *Assesseurs.*

TOULOUSE

IMPRIMERIE LAGARDE & SEBILLE

2, RUE ROMIGUIÈRES, 2

1898



Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Toulouse

TABLEAU DU PERSONNEL

Doyen	MM.	LABÉDA, ✿ I.
Assesseur		DUPUY, ✿ I

PROFESSEURS.

Anatomie	MM.	CHARPY, ✿ I.
Histologie normale		TOURNEUX, ✿ A.
Physiologie		ABELOUS, ✿ A.
Anatomie pathologique		TAPIE, ✿ A.
Pathologie et Thérapeutique générales		HERRMANN, ✿ I.
Pathologie interne		ANDRÉ, ✱, ✿ A.
Pathologie externe		PENIÈRES.
Médecine opératoire		LABÉDA, ✿ I.
Thérapeutique		SAINT-ANGE, ✿ A.
Clinique médicale		CAUBET, ✱, ✿ I. MOSSÉ, ✱, ✿ A.
Clinique chirurgicale		JEANNEL, ✿ I. CHALOT, ✿ A.
Clinique obstétricale		CROUZAT, ✿ A.
Clinique des maladies mentales		RÉMOND.
Pharmacie		DUPUY, ✿ I.
Chimie et Toxicologie		FRÉBAULT, ✿ A.
Matière médicale		BRÆMER, ✿ A.

CHARGÉS DE COURS.

Physique	MM.	MARIE,
Chimie		BIARNÈS
Histoire naturelle		LAMIC, ✿ A. SUIS
Hygiène		GUIRAUD, ✿ A.
Médecine légale		GUILHEM.
Bactériologie		MOREL.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques		AUDRY.
Clinique des maladies des enfants		BÉZY, ✿ A.
Clinique ophthalmologique		VIEUSSE, ✱, ✿ I.
Hydrologie		GARRIGOU, ✿ A.

AGRÉGÉS EN EXERCICE.

Pathologie interne et Médecine légale	MM.	MOREL. RISPAL. MAUREL, ✱, ✿ A. N...
Chirurgie		SECHEYRON. VIEUSSE, ✱, ✿ I. N...
Anatomie et Histologie		SOULIÉ
Physiologie		N...
Chimie		BIARNÈS
Pharmacie		GÉRARD.

Secrétaire de la Faculté .... M. CHAUDRON, ✿ I.

La Faculté déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats. (Délibération en date du 12 mai 1891.)

Dès le début de ce travail, il nous est agréable d'acquitter une dette de reconnaissance et de remerciements.

M. le Docteur GARRIGOU, *professeur d'Hydrologie à la Faculté de Médecine, s'est toujours montré, à notre égard, de la plus grande obligeance. L'enseignement professé par ce maître dans ses leçons de l'Ecole d'Hydrologie Médicale des Pyrénées et dans son cours de la Faculté de Médecine nous a inspiré ce travail et permis de le réaliser. Nous lui adressons l'expression de notre vive gratitude et de notre respectueuse sympathie.*

M. le Docteur GUIRAUD, *professeur d'Hygiène à la Faculté de Médecine, a bien voulu nous guider dans les recherches bactériologiques que nous avons faites dans le laboratoire placé sous sa direction. Qu'il soit assuré de notre entière reconnaissance, pour l'accueil particulièrement bienveillant dont il nous a honoré. MM.* COUMET *et* CASTAING, *préparateurs d'Hygiène et M.* GAUTIER, *attaché au laboratoire d'Hygiène, ont droit aussi à nos remerciements.*

M. QUINTIN, *ingénieur des Ponts et Chaussées, directeur des Travaux de la Ville, a eu l'obligeance de mettre à notre disposition les plans des filtres et de la canalisation*

que nous avons reproduits et de nous donner les autorisations nécessaires au cours de nos recherches. Nous sommes heureux de l'en remercier.

Notre ami, M. Léon JAMMES, *maître de conférences à la Faculté des Sciences, nous a fourni une aide des plus précieuses pour la préparation des dessins. Qu'il reçoive, en cette occasion, l'expression de nos meilleurs sentiments de gratitude et de notre cordiale sympathie.*

Nous adressons enfin nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui, dans ces recherches, nous ont apporté leur utile concours.

H. M.

TABLE DES MATIÈRES

TROISIÈME PARTIE

QUATRIÈME PARTIE

TABLE DES FIGURES

INTRODUCTION

La connaissance complète d'une eau et sa valeur hygiénique constituent un problème complexe, que l'examen détaillé des données permet seul de résoudre.

Une eau potable doit satisfaire, en effet, à un certain nombre de conditions dont l'ensemble est nécessaire et suffisant pour la caractériser. C'est pour avoir méconnu cette vérité, l'une de ces conditions étant seule examinée, que l'on a eu souvent une opinion erronée sur la valeur hygiénique de certaines eaux. Aussi avons-nous étudié la question sous toutes ses faces et jugé l'ensemble sur la critique des parties.

Une eau, dans ses rapports avec l'hygiène, doit être considérée à deux points de vue : sa *quantité* et sa *qualité*.

L'abondance de l'eau est un facteur important dans l'assainissement des villes. L'eau est employée non seulement comme boisson, mais encore pour le nettoyage des maisons, des rues et des établissements publics. Après usage, chargée des impuretés et des résidus de toutes sortes, elle est emmenée loin des habitations. Elle constitue ainsi, dans les villes, une véritable circulation continue et ininterrompue, évacuant les déchets qui résultent de toute agglomération humaine. Plus la quantité d'eau de cette circulation sera

grande, et plus, par conséquent, son rôle hygiénique sera considérable. Le besoin d'une circulation d'eau abondante se fera donc sentir dans les grandes villes où la condensation de la population sur une surface restreinte donne une masse de déchets dont l'évacuation devient de plus en plus difficile.

Les qualités physiques, chimiques et bactériologiques que doit présenter une eau potable, dépendent en partie du trajet suivi dans sa marche souterraine et des rapports qu'elle affecte avec les couches au milieu desquelles elle circule. Aussi, comme l'ont fait ressortir Belgrand et Duclaux, l'étude géologique de la région qui fournit les eaux employées à l'alimentation d'une ville est-elle de la plus haute importance au point de vue hygiénique.

La température de l'eau dépendra, en effet, de la distance de son niveau à la surface du sol. Si la nappe est superficielle, sa température sera variable ; à une certaine profondeur déterminée pour chaque point, elle sera constante. La nature du sol aura une influence sur la composition de l'eau qui le traverse. Des échanges chimiques s'effectueront entre l'eau et les terrains ambiants et modifieront les propriétés de la nappe. Le passage des eaux à travers des couches de mauvaise nature ou les communications de la nappe souterraine avec des infiltrations polluées pourront entraîner la présence de microbes pathogènes dans une eau primitivement pure et la transformer en véhicule de germes nocifs.

L'examen des conditions géologiques nous explique donc la plupart des propriétés d'une eau et peut souvent mettre sur la voie de causes d'infection dont l'origine resterait inconnue.

Ces conditions connues, il restera à examiner les caractères physiques, chimiques et bactériologiques de l'eau considérée.

L'eau destinée à la boisson doit être inodore, incolore, fraîche et d'une saveur agréable. Sa composition chimique

ne doit pas révéler une proportion trop forte de minéraux qui la rendrait lourde et indigeste. Mais c'est surtout la teneur en matières azotées, telles que les nitrites, nitrates, ammoniaques et en matières organiques, qu'il est utile de connaître, puisque leur présence pourra être, dans une certaine mesure, l'indice d'une souillure des eaux par des déjections animales.

Depuis les découvertes de Pasteur, nous savons que les maladies infectieuses sont dues à des microbes pathogènes dont quelques-uns sont bien connus. L'eau, dans certaines conditions, peut être contaminée et servir de véhicule à ces germes. Ce rôle de l'eau dans la propagation des épidémies a été démontré pour deux affections, dont l'une règne en permanence dans nos régions : la fièvre typhoïde et le choléra. D'autres maladies, telles que la dysenterie, les entérites, etc., semblent bien être en relation avec la qualité de l'eau d'alimentation, mais l'influence de cette dernière à leur égard n'est pas encore établie d'une manière suffisante.

L'analyse bactériologique d'une eau s'impose donc, puisque la présence d'un de ces microbes pathogènes suffit pour en faire rejeter l'emploi.

Cette analyse doit être à la fois *quantitative* et *qualitative*. Il convient de définir ces deux sortes d'analyses et d'en préciser le rôle.

« Il semble, dit Courmont, dans son récent *Précis de Bactériologie*, que l'*analyse quantitative* de l'eau doit être sans importance et que seule l'*analyse qualitative* a son intérêt. Peu importe, en effet, que nous buvions une eau contenant des milliards de microbes si ces derniers sont inoffensifs ; il importe au contraire beaucoup de ne pas ingérer une eau contenant un petit nombre de microbes, mais très pathogènes (1). La qualité doit ici fatalement primer

(1) M. Courmont fait observer, à ce sujet, que la question se complique encore plus actuellement. Il faudra à l'avenir rechercher non seule-

la quantité. Tout cela est très juste en théorie, mais impossible à réaliser en pratique. L'analyse qualitative de l'eau est un but vers lequel nous devons tendre, mais qui apparaît encore bien éloigné. Pour les maladies à microbes connus comme le choléra, la fièvre typhoïde, nous verrons bientôt quelles difficultés, presques insurmontables, entourent leur isolement des eaux ; or, il existe, en outre, une foule de maladies graves, épidémiques, dont nous connaissons mal, ou dont nous ne connaissons pas du tout l'agent microbien ; l'analyse qualitative est ici, non pas difficile, mais impossible. Il faut donc se rebattre sur l'analyse quantitative et raisonner par analogie en disant : telle eau est polluée d'un nombre considérable de microbes, elle a donc plus de chances que telle autre, qui en est presque privée, de contenir actuellement ou dans l'avenir des germes pathogènes. Nous devons provisoirement nous contenter de ces données approximatives, sauf dans certains cas où l'analyse qualitative est possible. »

M. Roux a également défini le rôle de l'analyse quantitative et mis en lumière son utilité dans certains cas déterminés : « Les analyses quantitatives apportent souvent des éclaircissements précieux et inattendus, qu'elles seules peuvent fournir, sur des causes de pollution entre tel point et tel autre dans le parcours d'une canalisation, ou nous mettent sur la voie d'une source d'infection qu'il était impossible sans elles de soupçonner ; elles nous renseignent encore sur les qualités ou les défectuosités d'une masse filtrante naturelle ou artificielle et présentent ainsi un intérêt de premier ordre. »

Si donc l'analyse qualitative est d'une importance capitale bien qu'amoindrie par le vague de nos connaissances

ment les microbes pathogènes, mais encore les saprophytes adjuvants des pathogènes. Metchnikoff a montré que le vibrion cholérique a besoin d'un autre microbe adjuvant pour produire le choléra. Il en est peut-être de même de la fièvre typhoïde, etc.

bactériologiques, l'analyse quantitative ne doit pas être complètement délaissée. Les renseignements qu'elle nous fournit ne sont que relatifs et ne doivent être employés que dans un but de comparaison.

L'examen bactériologique d'une eau comprend plusieurs temps : puisage et transport de l'eau ; analyse quantitative, c'est-à-dire numération des colonies; enfin analyse qualitative ou détermination des colonies et recherche des microbes pathogènes.

I. — Puisage et transport de l'eau a analyser (1).

Nous avons eu à puiser l'eau dans le fleuve, les galeries, les puits, les regards, et à la recueillir aux robinets de la canalisation.

Dans le premier cas, l'eau était courante et l'échantillon devait être transporté au laboratoire d'analyses. Ces conditions nécessitaient des soins spéciaux. Nous avons employé comme récipients des flacons de 250 et de 300^{cc}: Ces flacons étaient bouchés par un tampon de coton et stérilisés dans le four Pasteur. Enveloppés dans du papier aseptique, ils étaient enfermés dans des cylindres en zinc.

Pour puiser l'eau, le flacon, ouvert et flambé au goulot, était plongé rapidement en un point éloigné des bords et du fond. On avait soin de placer l'orifice du flacon contre le courant ; l'eau ne risquait pas ainsi de se contaminer au contact du flacon. Le goulot et le bouchon étant flambés, le flacon était placé dans les cylindres en zinc et entouré d'un mélange de sciure de bois et de glace.

Dans le deuxième cas, c'est-à-dire pour prélever un échantillon d'eau de la canalisation, on laissait le robinet, préalablement flambé, ouvert à grande eau pendant environ

(1) Nous ne décrirons que les procédés d'analyse que nous avons employés.

dix minutes; l'eau était recueillie dans un ballon stérilisé et ensemencée sans retard.

II. — Analyse quantitative.

Le prodédé que nous avons choisi est celui de Koch. Il consiste en cultures sur milieux solides. Dans ce procédé les colonies sont bien isolées et la numération est assez exacte.

Il faut d'abord déterminer le degré de dilution nécessaire. On fait pour cela des dilutions au $^{1}/_{10}$, au $^{1}/_{100}$, au $^{1}/_{1000}$, etc.

On prend 1^{cc} de l'eau à analyser que l'on mélange à 9^{cc} d'eau stérilisée dans un tube. On a ainsi une dilution au $^{1}/_{10}$. Pour faire une dilution au $^{1}/_{100}$ on mélange 1^{cc} de la dilution au $^{1}/_{10}$ avec 9^{cc} d'eau stérilisée. 1^{cc} de cette nouvelle dilution, mélangé à 9^{cc} d'eau stérilisée, donnera une dilution au $^{1}/_{1000}$. Pour obtenir des dilutions aux $^{1}/_{10000}$, $^{1}/_{100000}$, etc., on procèdera de même.

On fait une culture sur gélatine en boîte Petri, de chacune de ces dilutions. Pour cela on incorpore à la gélatine 1^{cc} de chacune d'elles. On place les cultures à l'étuve à 37^{0}.

D'après le nombre des colonies qui se développent, on jugera la dilution qui doit être employée.

En principe, il ne doit pas y avoir plus de 20 à 25 colonies par boîte. Le produit du chiffre des colonies par le titre de la dilution donnera le nombre de germes par centimètre cube. Soit par exemple le chiffre 20 obtenu pour une dilution au 100e; le nombre 2000 représentera le nombre de germes.

Le titre de la dilution déterminé, on procède à l'analyse :

On prend 1^{cc} de cette dilution que l'on verse, comme précédemment, dans un tube de gélatine préalablement liquéfiée à douce température (la température ne doit pas dépasser 30 à 35°).

On fait ainsi trois à quatre boîtes.

On met ces boîtes dans une étuve à la température de 20° au maximum et on compte chaque jour les colonies qui se développent jusqu'à ce que la liquéfaction de la gélatine amène la confluence des colonies et empêche la numération.

Au cas où il n'y aurait pas de liquéfaction, on doit conserver les boîtes pour la numération jusqu'au quinzième jour.

Pour étudier la flore bactériologique de l'eau, on ensemence au fur et à mesure de leur développement les diverses colonies présentant des caractères particuliers, dans les divers milieux : agar, gélatine, pomme de terre, lait, bouillon lactosé au tournesol, glucose..., etc. On note la façon dont le microbe se comporte dans ces différents milieux de culture et on fait l'examen microscopique.

Enfin, pour peu que l'on soupçonne le caractère pathogène d'une des bactéries observées, on injecte dans le tissu cellulaire sous-cutané ou dans le péritoine d'un cobaye 1 à 2^{cc} de culture en bouillon dans lequel on délayera, au besoin, pour renforcer sa virulence, une ou plusieurs oses d'une culture du même microbe sur agar.

La quantité de microbes pour qu'une eau soit potable ne doit pas être trop considérable ; elle doit être comprise dans certaines limites. Miquel a dressé une échelle dont voici les chiffres (1) :

	Microbes par centimètre cube.
Eau excessivement pure........	0 à 10
— très pure................	10 à 100
— pure.....................	100 à 1.000
— médiocre.................	1.000 à 10.000
— impure...................	10.000 à 100.000
— très impure..............	100.000 et au delà.

Une eau qui renfermera moins de 1.000 germes pourra donc être regardée comme potable. Mais les résultats des analyses varient suivant les époques. Pendant les périodes

(1) Ces chiffres ne doivent pas être pris dans un sens absolu. La quantité de microbes dans une eau varie en effet dans de très larges limites suivant les époques.

de pluies et de crues, la quantité de germes augmente dans une forte proportion. Il faudra donc tenir compte de ces conditions dans la discussion des résultats.

III. — Analyse qualitative.

L'analyse qualitative générale sera faite en même temps que l'analyse quantitative. On n'a pour cela, comme nous l'avons vu, qu'à étudier les colonies isolées sur les plaques de gélatine et les ensemencer sur divers milieux. Mais la flore bactériologique de l'eau est peu connue et la détermination des espèces pleine de difficultés.

En général, on se contente de rechercher certaines espèces microbiennes connues. Les deux microbes que l'on rencontre le plus fréquemment dans l'eau et qui causent des épidémies redoutables sont : le bacille d'Eberth (ou bacille de la fièvre typhoïde) et celui du choléra. Ce sont les seules espèces que nous avons recherchées dans les eaux de Toulouse.

1° Recherche du bacille d'Eberth et du coli-bacille. — Il est démontré, aujourd'hui, que le bacille d'Eberth est l'agent de la fièvre typhoïde et que cette affection se transmet par l'eau de boisson (MM. Brouardel, Thoinot, Chantemesse et Widal). Il semble donc, au premier abord, qu'il soit facile de savoir si une eau est typhogène ou non, la recherche du bacille d'Eberth étant suffisante pour résoudre la question. C'est ce que l'on croyait il y a une dizaine d'années. Le bacille d'Eberth était alors décelé dans presque toutes les eaux typhogènes.

Depuis, MM. Rodet et Roux, de Lyon, ont montré que la présence du bacille d'Eberth ne peut être décelée dans l'eau ; que ce bacille y disparaît rapidement et qu'on ne le trouve presque jamais dans les selles des typhiques.

Ce que l'on avait pris pour le bacille d'Eberth n'était autre que le coli-bacille regardé comme un saprophyte vul-

gaire. Ils établirent alors que ce microbe n'était pas un saprophyte, mais bien un microbe pathogène. D'après ces auteurs la confusion entre ces deux microbes venait de ce qu'on regardait comme suffisants les caractères distinctifs tirés des différences d'aspect des colonies sur gélatine et sur pomme de terre. Ces caractères, d'ailleurs variables, ne sont rien à côté des ressemblances de ces deux espèces. Le bacille d'Eberth ne serait qu'une variété de coli-bacille. Le coli-bacille, sous l'influence des causes qui nous échappent, pourrait devenir typhogène et se transformer en bacille d'Eberth.

Nous nous trouvons donc en présence de deux écoles : celle des unicistes prétendant que le bacille d'Eberth et le coli-bacille ne sont que les variétés d'une même espèce microbienne, et celle des dualistes qui voient dans ces deux microbes deux espèces distinctes.

« Où en est actuellement cette question? Elle n'est pas résolue. Il ne nous paraît pas contestable que de nombreuses raisons plaident en faveur de l'unité ; nous n'estimons pas cependant que Rodet et G. Roux aient donné des preuves irréfutables de leur opinion. Ils peuvent invoquer les faits suivants qui sont certains : 1° le bacille d'Eberth se rencontre très rarement (nous ne l'avons jamais rencontré dans un très grand nombre d'analyses) dans les eaux les plus typhogènes ; il est même impossible de le déceler dans une eau contenant le *coli-bacille* : il faut rayer de la science toutes les analyses d'eau des premiers temps de la bactériologie où on a affirmé la présence du *bacille d'Eberth* dans l'eau (Schneider, Cassedebat, Nicolle, etc.) ; 2° le bacille d'Eberth est rare et inconstant dans les selles des typhiques ; 3° le *bacille d'Eberth* ne vit pas longtemps dans l'eau ; une citerne ne contenant que de l'eau stérilisée et dans laquelle on verse des cultures de *bacille d'Eberth* et de *vibrion cholérique*, n'a plus de ces microbes au bout de trois ou cinq jours (Karlinski); or, la propagation de la fièvre typhoïde

par l'eau ne peut être contestée ; 4° tous les caractères qui séparent le *bacille d'Eberth* du *coli-bacille* sont *a minima*, c'est-à-dire que le *coli-bacille* type possède un certain nombre de propriétés qui manquent au *bacille d'Eberth*, mais aucune des propriétés de ce dernier ne manque au *coli-bacille* ; 5° il existe une série de *coli-bacilles* formant une chaîne intermédiaire entre le *coli-bacille* type et *l'Eberth* type. Même avec les réactions de la lactose et du lait, on ne peut en faire un diagnostic certain du microbe isolé. Il existe toute une classe de *bacilles pseudo-typhiques* (Remy et Sugg, Cassedebat, etc.). Lorsque les réactions sont positives, on se trouve en présence du *coli-bacille* ; lorsqu'elles sont négatives, on a affaire au *bacille d'Eberth* ou à un bacille pseudo-typhique. Tous les intermédiaires existent. On voit combien ces arguments sont troublants. *En résumé* : le bactériologiste n'a pas, à l'heure actuelle, un procédé lui permettant de distinguer à coup sûr le bacille d'Eberth de certains échantillons de *coli-bacilles* pseudo-typhiques.

« L'opinion inverse s'appuie sur les différences incontestables qui séparent les deux microbes types, sur les recherches récentes de séro-diagnostic de la fièvre typhoïde, sur les propriétés curatives du sérum des animaux immunisés contre le *bacille d'Eberth*, et surtout sur l'impossibilité où se trouvent *Rodet* et *Roux* de prouver l'identité des deux microbes et le rôle du *bacterium coli* dans la fièvre typhoïde. » (*Précis de bactériologie*, par J. Courmont, 1897.)

Dans la recherche de ces bacilles dans l'eau, plusieurs cas peuvent se présenter : L'eau n'en renferme aucun, elle n'est pas typhogène ; l'eau contient du bacille d'Eberth ou des bacilles pseudo-typhiques, elle est typhogène. Enfin l'eau ne renferme que du coli-bacille. Dans ce dernier cas, il faut tenir compte de la quantité de *coli-bacilles* que renferme l'eau. Si cette quantité est minime, on y ajoutera peu d'importance. Si, au contraire, on en trouve une quantité notable, l'eau doit être regardée comme suspecte. On a affaire alors à une eau souillée par les matières fécales.

Les analyses bactériologiques des eaux de Toulouse nous ont montré les renseignements utiles que peut fournir la recherche du *coli-bacille* dans les eaux. Les principaux résultats sont les suivants : 1° Le *coli-bacille* peut exister dans l'eau, d'une façon temporaire, à l'occasion de conditions anormales; 2° Il peut varier en quantité suivant les époques, dans une même eau, où on le trouve d'une façon constante. 3° Son apparition en un point de la canalisation est l'indice d'une contamination en ce point; 4° Le *coli-bacille* isolé des eaux de Toulouse est doué d'une virulence variable.

Procédé Péré. — Le procédé que nous avons employé pour la recherche du *coli bacille* est le procédé Péré. Voici en quoi il consiste :

On verse, dans un ballon préalablement stérilisé, 100^{cc} de l'eau à analyser; on ajoute 15^{cc} de bouillon peptoné et 2^{cc} de solution phéniquée à 5 °/₀ (1re génération).

Pour avoir une idée approximative de l'abondance du coli-bacille, nous préparons un deuxième ballon dans lequel nous ensemençons 1^{cc} d'eau à analyser. On ajoute 99^{cc} d'eau stérilisée. Les ballons sont placés à l'étuve à 37°.

Dès que le trouble se produit, c'est-à-dire douze à quinze heures après, on ensemence avec une ose de ce liquide deux tubes (2e génération).

Le premier, bouillon peptoné normal;

Le deuxième, bouillon peptoné additionné de quatre gouttes de la solution phéniquée à 5 °/₀.

Ces deux tubes sont placés à l'étuve à 37° où on *les laisse six heures seulement.*

Après six heures, que le liquide soit *trouble ou non,* on ensemence (3e génération) avec une ose de ce liquide deux autres tubes, l'un de bouillon normal, l'autre de bouillon phéniqué comme précédemment. On place les tubes à l'étuve et l'on attend cette fois que le bouillon soit trouble.

Cette troisième génération sera ensemencée en bouillon

lactosé au tournesol et dans du lait. Si le bouillon a viré au rouge et si le lait est coagulé on aura affaire au coli-bacille. La présence du coli constatée, on l'ensemence en boîte de gélatine pour l'isoler.

On étudie ensuite sa virulence en injectant 2^{cc} d'une culture pure en bouillon dans le péritoine d'un cobaye.

2° Recherche des Vibrions virgules et autres dans les eaux. — Le choléra est dû à un *vibrion cholérique* étudié par Koch. Le rôle de l'eau dans la propagation de cette affection est bien établi. Koch l'isola dans les eaux suspectes. Il sembla alors, comme pour la fièvre typhoïde, que la constatation de ce microbe dans les eaux devait les faire regarder comme cholérigènes.

Mais à mesure que la science bactériologique a progressé, la solution de la question a reculé. On a trouvé, depuis, des vibrions semblables dans des eaux qui n'avaient jamais engendré d'épidémie cholérique. On en a isolé également dans les selles d'individus sains. « Il existe des *vibrions pseudo-cholériques*, comme il existe des bacilles pseudo-typhiques (Dumbar, Sanarelli, etc.). Il est aussi difficile, à l'heure actuelle, d'affirmer dans une eau la présence du véritable *vibrion cholérique* que celle du véritable *bacille d'Eberth* ». (J. Courmont, *Précis de bactériologie*, 1897.)

Procédé Schottelius, modifié par Dumbar et Koch. — On verse dans un cristallisoir stérilisé ou dans un récipient quelconque à large surface, 300 à 500^{cc} de l'eau à analyser et on ajoute 1 °/₀ de peptones et 1 °/₀ de chlorure de sodium. Le récipient est placé à l'étuve à 37°.

Au bout de six heures, si l'eau renferme des vibrions virgules, il se forme à la surface du liquide un voile mince et transparent.

Si cette pellicule existe, on prélève une ose de la culture

et on l'ensemence dans trois à quatre tubes de la même solution de peptones et de sel marin. On les laisse à l'étuve à 37° *pendant six heures.*

On renouvelle la même opération trois ou quatre fois jusqu'à ce que la culture soit absolument pure.

Pour s'assurer de la pureté de la culture on pratique chaque fois l'examen microscopique.

Cette étude n'est que l'application aux eaux de Toulouse, de ces divers moyens d'investigation. Avec leur aide, nous allons essayer d'établir les données dont la discussion nous permettra de formuler une opinion.

PREMIÈRE PARTIE

APERÇU GÉOLOGIQUE ET HYDROLOGRAPHIQUE DE LA RÉGION TOULOUSAINE

CHAPITRE PREMIER

Le Bassin sous-pyrénéen (1).

Le sol de la ville de Toulouse fait partie de la grande plaine qui s'étend au pied des Pyrénées et que les géologues appellent le *bassin sous-pyrénéen.*

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU BASSIN SOUS-PYRÉNÉEN

Limites. — Le bassin sous-pyrénéen, qui formait en grande partie l'ancien royaume d'Aquitaine, est constitué par des sédiments horizontaux qui viennent butter contre les couches relevées de la chaîne. Il occupe tout l'espace triangulaire formé par la chaîne des Pyrénées, le littoral de l'Océan et la Garonne, et se prolonge même au-delà de cette dernière, pour former, de chaque côté de la vallée du canal des Deux-Mers jusqu'à Naurouze, le bas pays de l'Ariège et le Lauragais. La partie occidentale du bassin comprenant les Landes et une partie de la Gascogne est d'origine ma-

(1) Les données géologiques et hydrologiques de la région toulousaine ont été empruntées aux remarquables travaux de Leymerie.

rine, par opposition avec la plus grande partie du bassin, dont les dépôts se sont opérés dans un lac d'eau douce, comme en témoignent les espèces fossiles.

Vents dominants et climat. — Les conditions météorologiques du bassin sont sous la dépendance étroite de la chaîne qui le domine.

Les deux vents dominants, de sens opposés et de direction parallèle à celle de la chaîne, soufflent l'un du S.-E., c'est l'autan, chaud, sec et d'une grande violence; l'autre du N.-O., moins violent et plus humide. Leur conflit détermine, le plus souvent, la pluie. Enfin, un troisième vent, plus septentrional, sorte de mistral atténué, très froid, cause des gelées tardives.

Le climat de la région, très capricieux, présente des variations brusques dans le passage des saisons. L'hiver, peu rigoureux, mais humide, se confond avec le printemps et est remplacé, sans transition, par un été brûlant. L'automne est en général assez beau.

Dès que l'on sort de la sphère d'influence des Pyrénées, les caractères météorologiques deviennent complètement différents. Dans le bas Languedoc, pays des oliviers et de la vigne, le climat devient chaud, sec et orageux.

Composition du sol. — Les dépôts de la partie orientale du bassin, de beaucoup la plus considérable, ont été effectués dans un lac par des eaux douces, qui avaient envahi la région après le soulèvement des Pyrénées.

Ces dépôts sont constitués par des argiles plus ou moins sableuses, auxquels Leymerie a donné le nom d'*argerènes* ; des marnes impures avec des veines de calcaire et un sable gris, verdâtre, micacé, parfois agglutiné par du calcaire et formant alors la mollasse.

Les couches horizontales sont discontinues, irrégulières, avec des poches de sable, parfois recouvertes par un dépôt

caillouteux ou limoneux. Ce terrain est le *terre-fort* des agriculteurs.

La puissance de ce dépôt est considérable. Un forage exécuté en 1830, pour l'essai d'un puits artésien, à l'Ecole vétérinaire de Toulouse, jusqu'à 230 mètres de profondeur, n'a pu le traverser. La similitude des couches inférieures est complète avec celles de la surface.

Les fossiles trouvés dans ces couches, tels que dents et mâchoires de *Mastodon-Angustidens*, *Mast. tapiroïdes, Dinotherium giganteum, Rhinoceros brachypus*, *Anchitherium aurelianense, Dicroceras elegans* et les coquilles de *Helix Lartetii, Melania aquitanica*, etc., permettent de les rapporter à l'époque tertiaire, étage miocène.

Formation des dépôts. — Les données précédentes nous permettent de concevoir la manière dont se sont effectués ces dépôts. Le soulèvement définitif des Pyrénées, opéré entre les époques crétacé et tertiaire, chassa la mer nummulitique qui s'étendait dans l'intervalle séparant l'Océan de la Méditerranée. A la base de la chaîne il se forma une vaste dépression où se précipitèrent des eaux douces. Dans ce lac se déposèrent les sédiments horizontaux que nous venons d'étudier.

Vallées du bassin sous-pyrénéen et leurs alluvions quaternaires.

La plaine sous-pyrénéenne est sillonnée par des vallées dont la direction est en général transversale par rapport à la chaîne et qui déversent les eaux de la montagne dans l'Océan et la Méditerranée. Les plus importantes sont celles de la Têta, de l'Ariège, d'Ossau, de Lavedan et de la Garonne. La vallée de la Garonne, la plus considérable, correspond à la soudure des deux moitiés de la chaîne des Pyrénées.

Dès leur sortie des vallées de fracture, les eaux pénètrent dans les vallées d'érosion de la plaine. La forme et les dimensions de ces dernières, déterminées par les phénomènes d'érosion et de comblement concomitants dénotent qu'à une époque antérieure à la nôtre, les cours d'eau étaien doués d'une puissance beaucoup plus considérable. Les matériaux arrachés au flanc des montagnes et dont le dépôt a formé le sol des vallées, présentent un volume qui dépasse de beaucoup celui des éléments de transport des fleuves actuels.

Ces phénomènes ne sont pas parliculiers au bassin sous-pyrénéen ; d'un ordre plus général ils se remarquent dans tous les pays de montagne; c'est le diluvium ou époque quaternaire. Pendant cette période, d'immenses glaciers couvraient les hauteurs et descendaient jusqu'à la plaine. Leur fusion détermina ces énormes cours d'eau dont nos fleuves ne sont que les maigres représentants.

CHAPITRE II

Le pays Toulousain.

Division en deux régions. — Le bassin sous-pyrénéen est formé, nous l'avons vu, par deux ordres de terrains : le terrain miocène et le diluvium des vallées qui présentent des positions déterminées par rapport aux cours d'eau. Le diluvium se rencontre toujours à gauche des fleuves où il constitue une série de terrains reposant sur le miocène qui apparaît sur la rive droite sous forme de collines abruptes.

Le pays toulousain se trouve ainsi naturellement divisé par la Garonne en deux régions presque égales en superficie, mais bien distinctes : la région orientale des collines tertiaires assez escarpées et entrecoupées de vallons et la région occidentale du diluvium s'étageant en larges terrasses très régulières avec la vallée actuelle (diluvium moderne) à leur pied.

Dans son trajet de Portet à Toulouse, la Garonne côtoie constamment les escarpements tertiaires élevés de 100 à 120 mètres, qu'elle ronge à leur base. A Toulouse, elle change de direction ; abandonne les collines et se porte à l'ouest, contre le talus de la première terrasse, en décrivant un coude. La ville s'étale sur la rive droite, entre ce coude et les collines tertiaires de Guilleméry. Dans la courbure de la rive gauche se trouve le faubourg Saint-Cyprien.

Région occidentale. — La région occidentale est essentiellement constituée par trois terrasses terminées du côté de la vallée par des falaises abruptes, façonnées par le fleuve à l'époque quaternaire. La première de ces terrasses forme le plateau de Lardenne, qui est élevé d'environ 15 mètres au-dessus de la plaine, où est bâti le faubourg de Saint-Cyprien. Sa limite passe par Saint-Simon, la Cépière, Blagnac, Beauzelle et Grenade.

La deuxième terrasse est élevée de 30 mètres au-dessus de la précédente. Sa limite passe par les villages de Fonsorbes, Colomiers, Aussonne et Merville. Au-delà apparaissent les collines tertiaires de Sainte-Foi et de Pujaudran, à une altitude d'environ 300 mètres.

Constitution géologique des terrasses et de la vallée proprement dite. — On rencontre dans les terrasses, des couches de graviers avec des cailloux roulés, assez volumineux et des dépôts terreux et sableux. Ces dépôts ont une puissance de 3 à 4 mètres, parfois même jusqu'à 10 mètres et les éléments qui les constituent proviennent des Pyrénées.

Les cailloux assez volumineux, parfois même de la grosseur de la tête, sont généralement des quartzites bruns à la surface, gris-verdâtre ou rougeâtre à l'intérieur. Le granite est toujours décomposé Les graviers ne sont que des fragments de cailloux. Quant au dépôt terreux, c'est un mélange argilo-sableux d'une couleur jaunâtre dûe à l'oxyde de fer, où le calcaire est très rare.

Les éléments de la vallée proprement dite sont identiques aux précédents, mais on leur trouve associés des ophites, des porphyres, des eurites. Le granite, sous ses diverses formes, n'est presque jamais décomposé; le limon plus brun que le limon ancien est plus riche en calcaire.

Le diluvium repose sur le miocène.

Mode de formation des terrasses. — Pendant la période diluvienne, les cours d'eaux alimentés par d'énormes glaciers étaient doués d'une puisssance considérable. Mais ce n'est pas d'un seul coup qu'ils façonnèrent leurs vallées. Les processus d'érosion et le creusement s'effectuèrent en trois phases.

Dans une première phase, les eaux entamèrent le plateau tertiaire continu et isolèrent les escarpements tertiaires de Pech-David et de Guilleméry, des collines de Pujaudran. Ce grand intervalle était parcouru par les eaux quaternaires et constituait une immense vallée qui s'étendait de la limite occidentale des terrasses aux collines de Pech-David, de 24 kilomètres environ de largeur. Par suite de la diminution des glaciers, les cours d'eau devinrent moins considérables et leur action moins puissante; ils abandonnèrent une partie de leur lit et suivant une loi générale pour les cours d'eaux de notre hémisphère, ils se portèrent vers la droite en comblant sur leur gauche. C'est à la suite de ces phénomènes, d'érosions et de comblements successifs effectués d'une façon intermittente, que se formèrent les terrasses de la rive gauche de la vallée.

Nappe phréatique des terrasses. — Les infiltrations fluviales traversent facilement les couches de graviers et de sable déposées par le fleuve sur les terrasses. Au-dessous, elles sont arrêtées par le miocène formé par des terrains argileux, presque complètement imperméables. Il se forme ainsi une nappe aquifère qui alimente les puits et les sources de ces régions. Au pied des terrasses, à la limite du terrain miocène et du terrain d'alluvion, se trouve une ligne de sources abondantes par où se déversent les eaux de la nappe. Telles sont les sources de Lardenne, de Purpan et du Polygone. Le débit de ces sources varie suivant les époques de sécheresse ou d'humidité.

Dans son trajet des terrasses vers le fleuve, la nappe aquifère est sollicitée par deux pentes : la pente des terrasses vers le fleuve et la pente générale de la vallée ; la nappe suit la résultante de ces deux directions, c'est-à-dire une direction oblique par rapport au fleuve. Le mouvement de translation de ce courant souterrain est assez rapide. C'est ainsi qu'à La Fourguette, dans certains points, les eaux charrient du sable et même des petits cailloux.

La constitution géologique des terrasses diluviennes est éminemment favorable à la production d'une nappe phréatique abondante et de sources nombreuses. Nous verrons que c'est seulement dans ce terrain d'alluvions qu'on trouve des sources importantes. A diverses reprises on songea à capter ces eaux pour l'alimentation de la ville, et, dans un projet récent, on utiliserait, pour le même objet, certaines d'entre elles d'un débit assez considérable.

Région orientale. — La région orientale est essentiellement tertiaire; elle est formée par des collines, abruptes du côté de la Garonne et en pente douce du côté de la vallée de l'Hers. Dans la partie N.-E., elle confine à la vallée du Tarn qui présente un appareil diluvien de terrasses étagées semblable à celui de la vallée de la Garonne. Ces collines tertiaires servent de séparation entre les deux vallées ; sur la rive droite du Tarn, on retrouve encore les collines tertiaires avec leurs mêmes caractères. Une coupe pratiquée dans cette région et passant par les vallées de la Garonne et du Tarn, nous montrerait, en séries parallèles, ces deux vallées adossées, creusées dans le tertiaire ; sur les falaises tertiaires occidentales, les trois terrasses diluviennes. Les petites vallées de l'Hers, de la Saune et de la Marcassonne recoupent ces collines. Celle de l'Hers est séparée de la vallée de la Garonne par les collines de Pech-David et de Guilleméry. Ce petit cours d'eau marque la ligne de séparation des vallées dont l'origine est dans les Pyrénées et celles qui sont du domaine de la Montagne-Noire.

Ces collines tertiaires ne sont donc que des restes d'un grand plateau tertiaire incliné vers le Nord et primitivement continu. Ce n'est qu'à l'époque quaternaire que les eaux venues des Pyrénées et de la Montagne-Noire se creusèrent un lit et les isolèrent.

Le plateau de Pech-David (1), étendu entre la Garonne et l'Hers, séparé du plateau de Guilleméry par une dépression, a une hauteur absolue de 134 mètres à la pointe. Abrupt du côté de la Garonne où de nombreuses écorchures font apparaître le miocène, il présente, du côté de l'Hers, une pente uniforme recouverte d'une épaisse couche de limon jusque sur le sommet.

Entre le canal du Midi et l'Hers, la colline de Guilleméry, à laquelle est adossée la ville et sur laquelle s'élève le faubourg du même nom, isolée de toutes parts, est allongée du S.-E. au N.-O. et parallèle à la vallée de l'Hers ; elle se termine par un plateau dont la hauteur maxima est de 200 mètres ; à l'Observatoire, la hauteur ne dépasse pas 194 mètres. Comme celle de Pech-David, elle est recouverte d'une couche assez épaisse de limon, semblant indiquer le passage des eaux diluviennes.

Constitution géologique. — Les côteaux de Pech-David et de Guilleméry, dans les diverses tranchées qui les entaillent, montrent des couches horizontales et parallèles, de couleur claire, jaune rouille, verdâtre, formées par un mélange intime d'argile calcarifère et de sable fin généralement micacé (argerène). Ce mélange passe quelquefois à la marne par la présence du carbonate de chaux, mais le plus souvent l'élément argileux est prépondérant. Le sable s'accumule parfois dans des poches creusées par les eaux.

Ces couches ne conservent pas les mêmes caractères sur

(1) Sur le plateau de Pech-David sont bâtis les villages de Pouvourville, Pechbusque, Merville, Goyrans, Venerque, etc.

une grande étendue ; elles sont discontinues et il est difficile de les suivre. Les fossiles y sont rares.

Lorsque le miocène est recouvert par le limon, il est facile de reconnaître ce dernier qui tranche par sa couleur sombre et noirâtre sur le tertiaire bariolé et de couleur claire.

Nappe phréatique. — La discontinuité des couches tertiaires de nos pays s'oppose à la formation de nappes étendues. Les puits creusés dans ces terrains sont en général très profonds et ne recueillent que des suintements de peu d'importance.

Les quelques sources que l'on rencontre dans ces collines proviennent d'infiltrations qui s'accumulent dans les poches de sable calcaire qui rompent, en certains points, la continuité des couches ; elles sont rares, d'un faible débit et donnent une eau de qualité très médiocre.

C'est pourtant à ces maigres ressources qu'eurent recours nos ancêtres pour alimenter les fontaines jaillissantes de la ville.

Relations entre le dépôt diluvien de la vallée de l'Hers et celui de la vallée de la Garonne.

Les dépôts diluviens de la vallée de l'Hers affectent des rapports importants avec ceux de la vallée de la Garonne. A l'époque quaternaire, lors du creusement des vallées, les eaux descendues de la Montagne-Noire, suivant la vallée actuelle de l'Hers, firent irruption dans la vallée de la Garonne par la large baie qui sépare le plateau de Guilleméry du plateau de Pech-David et vinrent introduire dans la vallée de la Garonne, sur la partie orientale de l'emplacement de la ville, un élément diluvien nouveau dépendant du domaine de la Montagne-Noire.

La vallée de l'Hers, traversée dans son grand axe par le canal de Cette à Bordeaux, suivant la dépression qui

s'étend du seuil de Naurouze à la vallée de la Garonne, se divise, à son entrée dans cette dernière, en deux parties séparées par le plateau de Guilleméry. Celle qui passe derrière cette colline renferme l'Hers; l'autre, qui correspond à la dépression qui sépare la colline de Guilleméry du Pech-David, entre dans la vallée de la Garonne et contribue en partie à la formation du sol sur lequel repose la ville. Tout démontre que c'est par ce point que les eaux de la Montagne-Noire, après avoir creusé la vallée de l'Hers, envahirent la vallée de la Garonne.

Ce seuil, en effet, présente la direction générale de la vallée du canal et du plateau de Guilleméry. Les flancs des côteaux de Guilleméry et de Pech-David qui en forment les parois latérales, ont également des surfaces orientées vers le nord-ouest, et sont recouverts, jusqu'à une grande hauteur, par une couche d'alluvion parfois très épaisse. Le Pech-David, abrupt du côté de la Garonne, s'incline régulièrement et en pente douce vers la vallée de l'Hers. Cette surface est recouverte par le diluvium jusqu'au sommet. De l'allure différente de ces deux versants, on peut conclure que la surface orientale a été façonnnée par les eaux qui se rendaient dans la vallée de la Garonne, en suivant la direction du canal, et que la vallée actuelle de l'Hers, située derrière Guilleméry, n'est qu'un sillon secondaire.

LE SOL DE TOULOUSE

La ville de Toulouse est située au pied du plateau de Guilleméry, c'est-à-dire dans la direction de la vallée du canal; son emplacement a donc été façonné, en partie, par les eaux venues de la vallée de l'Hers.

Avant l'envahissement de ces eaux, le sol de Toulouse n'était que le prolongement de la première terrasse diluvienne qui atteignait la base des collines tertiaires de la rive droite et, comme cette dernière, était formé par les

alluvions garumniennes. Ce bourrelet diluvien, élevé de 10 mètres au-dessus de la vallée actuelle, fut entamé par les eaux de la Montagne-Noire entrées par Saint-Roch dans la vallée de la Garonne. Ces eaux creusèrent un sillon assez profond qui sépara la terrasse de la base de Guilleméry. Plus tard, elles comblèrent ce sillon en partie et donnèrent ainsi au sol de la ville la forme d'un mammelon allongé et peu élevé, étendu entre la Garonne et Guilleméry.

En amont et en aval de la ville on ne retrouve pas de formation semblable; la plaine qui forme le fond de la vallée s'étend jusqu'au pied même des collines tertiaires.

Topographie locale. — Le point culminant de la protubérance sur laquelle s'élève la ville, est à la place Rouaix, qui est élevé de 14 mètres au-dessus du niveau moyen de la Garonne et de 10 mètres au-dessus de la vallée.

La partie basse de la ville qui occupe la concavité décrite par la Garonne, porte le quartier Saint-Cyprien. La place du Chairedon, située au centre du quartier, est 9 mètres 50 plus bas que la place Rouaix.

Constitution géognostique. — Le sol de ville est, en majeure partie, formé par les dépôts diluviens de la Garonne, semblables à ceux de la terrasse de Saint-Simon et de Lardenne, c'est-à-dire composé de cailloux pyrénéens recouverts généralement d'un limon plus ou moins grossier.

Toutefois, sur la lisière orientale de la ville, au pied de la colline de Guilleméry, nous trouvons un nouvel élément diluvien : le *Lehm* apporté par les eaux de l'ancien Hers et dont les matériaux ont été empruntés aux flancs de la Montagne-Noire. Ce diluvium est un limon assez fin, jaunâtre, surtout formé d'argile légèrement ferrugineuse avec sable très fin et un peu de calcaire. Il ne contient pas de cailloux. Très développé dans la vallée du Rhin, il a reçu

le nom de Lhem ou Loess. Il se distingue de celui de la Garonne par la finesse de l'argile et la rareté des cailloux.

On le retrouve sur les plateaux de Guilleméry et de Pech-David où il se continue sur leur flanc oriental. Au pied de Guilleméry, il comble le sillon creusé par les eaux de l'Hers qui séparait le sol de la ville de ce plateau, comme le montrent les divers travaux de terrassement entrepris dans cette région (redressement du canal, établissement du chemin de fer de Cette à Bordeaux).

Au-delà de la bande de terrain qui occupe la base de Guilleméry on passe brusquement au régime garumnien. Ce dernier dépôt occupe exclusivement le quartier Saint-Michel, les allées Saint-Michel, le Jardin des Plantes, le Busca et le Grand-Rond. Le passage du lehm au limon garumnien se fait vers le haut des allées, à une petite distance du canal.

Outre ces terrains d'alluvion reposant sur le miocène, on trouve à la surface du sol des remblais artificiels parfois très épais, surtout dans les vieux quartiers. Place du Capitole, l'épaisseur de la couche est de 3 à 4 mètres. Ces remblais sont formés de débris de toute sorte, cailloux, morceaux de briques, fragments de maçonneries, et au-dessous du pavé, une terre noire, fétide, sablonneuse, provenant des infiltrations des boues et des matières organiques.

Creusement des puits dans les principaux quartiers.

Quartier Lafayette

Au pied de Guilleméry, nous avons vu que le miocène est recouvert par le lhem.

Les puits des maisons qui bordent les allées Lafayette, à une petite distance du canal, montrent un terrain transporté, d'une faible épaisseur ; puis le lhem très sableux, un peu perméable, enfin le gravier garumnien perméable, reposant sur le miocène imperméable.

Du côté des Minimes, à mesure que l'on se rapproche de la plaine générale de la vallée, la couche supérieure s'amincit ; le gravier se développe et finit par se montrer à la surface.

En dehors de la lisière, à l'intérieur de la ville, le lhem bien caractérisé fait place au gravier garumnien recouvert par une couche de terre noire remaniée, le tout reposant sur le substratum miocène imperméable.

PLACE LAFAYETTE

Terre noire	1m50
Terre vierge rousse	2m50
Gravier	?

L'eau se trouve dans le gravier à environ 1 mètre de profondeur.

PLACE SAINT-SERNIN

Terre noire meuble	3m50
Gravier	3m50

L'eau arrive par la couche de gravier ; mais pour donner plus de solidité aux puits, on les creuse jusque dans le tuf.

PLACE SAINT-ETIENNE

Terre noire	2m »
Terre rousse employée pour bâtir (lehm?).	3m50
Gravier caillouteux pyrénéen	?

L'eau est abondante à une faible profondeur.

PLACE SAINT-MICHEL

Terre noire	3m50
Gravier	?

On obtient de l'eau en abondance à 3 ou 4 mètres dans le gravier.

L'examen des puits dans les principaux quartiers que nous venons de faire d'une manière rapide, nous permet d'inférer qu'il doit en être de même dans les autres parties de la ville. Dans la rue des Changes, les puits ont une profondeur qui atteint 8 à 10 mètres, et dans la rue des Paradoux cette profondeur est dépassée.

Le quartier de Saint Cyprien qui occupe, comme nous l'avons déjà vu, la concavité formée par la Garonne sur sa rive gauche, fait partie de l'appareil diluvien en terrasses que le fleuve a déposées à l'époque quaternaire. Le sol sur lequel il repose est donc exclusivement garumnien dans toutes ses parties.

On trouve l'eau à 5 et 6 mètres de profondeur, dans un banc de gravier distant de 2^m^70 de la surface du sol.

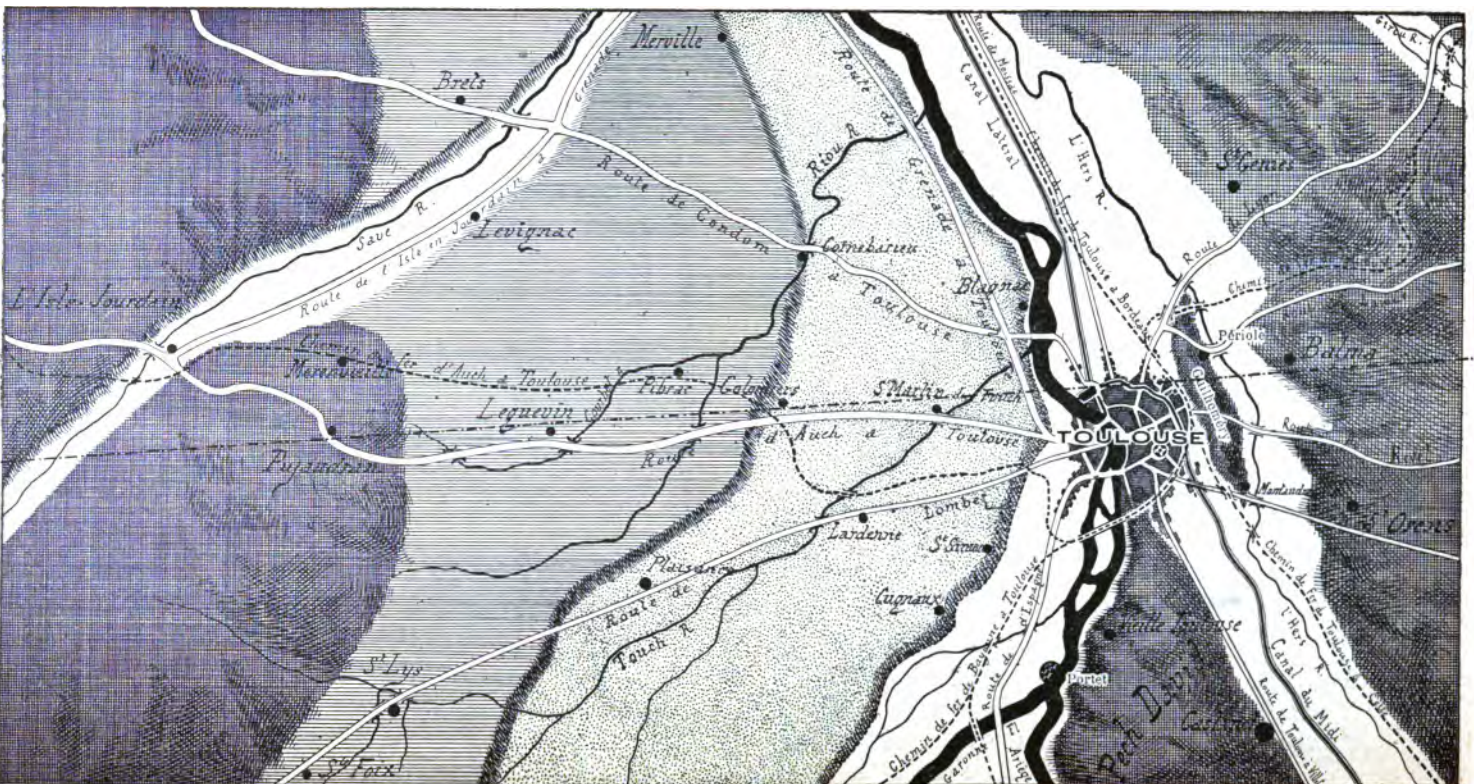


Fig. 1. — **Carte géologique de la région toulousaine.**

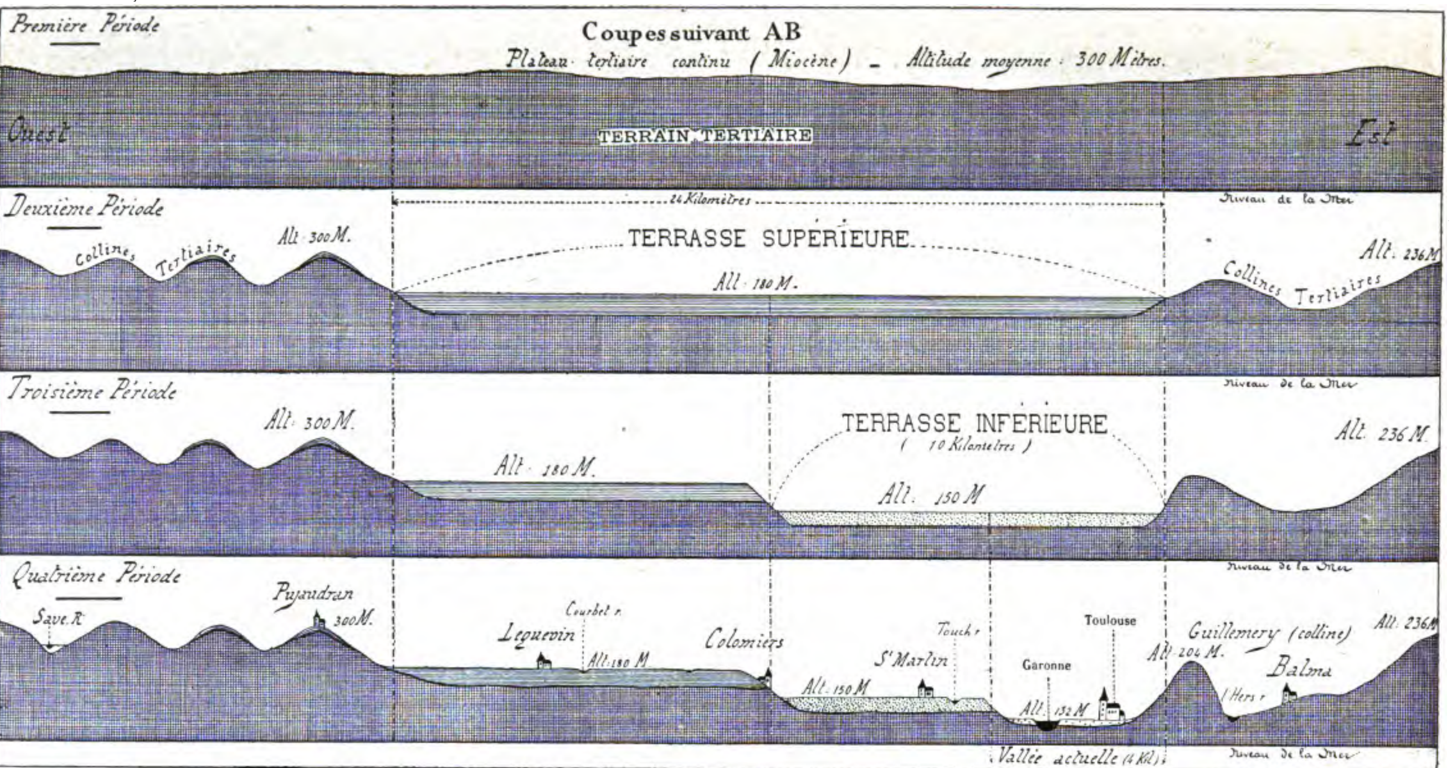


FIG. 2. — **Coupes géologiques de la région toulousaine, aux diverses périodes de sa formation, pratiquées suivant la ligne AB de la figure 1.**

Fig. 1. — **Carte géologique de la région toulousaine.**

Les divers terrains sont indiqués par des teintes différentes : en *blanc*, les alluvions modernes ; en *pointillé*, les alluvions de la terrasse inférieure ; en *lignes parallèles*, les alluvions de la terrasse supérieure ; en *quadrillé*, les terrains tertiaires (Miocène).

Fig. 2. **Coupes géologiques de la région toulousaine aux diverses périodes de sa formation, pratiquées suivant la ligne A B de la figure 1.**

Ces coupes se suivent, dans le dessin, de haut en bas, la phase la plus récente se trouvant dans la partie inférieure du dessin.

Les terrains qui se correspondent sont indiqués par les mêmes teintes que celles de la figure 1.

Première période. — L'espace compris entre Pujaudran et Balma était occupé par un plateau tertiaire continu, d'une altitude moyenne de 300 mètres.

Deuxième période. — Les eaux quaternaires ont envahi ce plateau et y ont creusé une vaste vallée d'une largeur de 24 kilomètres, qui s'étendait des collines de Pujaudran au côteau de Guillemery.

Troisième période. — Les eaux diminuant de volume (fonte des glaciers), déposèrent sur la rive gauche la terrasse supérieure et se creusèrent un lit à droite. Ce phénomène de transport latéral du lit vers la droite est commun à tous les cours d'eau de notre hémisphère. La vallée de la Garonne n'eut plus qu'une dizaine de kilomètres de largeur.

Quatrième période. — Le volume de ces vastes courants diminuant de plus en plus, toujours en vertu de la même loi, les eaux comblèrent sur leur gauche et creusèrent à droite. Ainsi se formèrent la terrasse inférieure dont le sol de Toulouse est une dépendance et la vallée actuelle de la Garonne qui n'a plus que 4 kilomètres de large.

Les eaux venues de la Montagne-Noire, à une époque un peu postérieure, suivirent la vallée de l'Hers actuel et la dépression dans laquelle est creusé le canal du Midi et firent irruption dans la vallée de la Garonne par le seuil qui sépare le Pech-David de la colline de Guillemery. Elles déposèrent sur la lisière orientale de la ville, au pied de la colline de Guillemery, le *lhem* que l'on trouve dans le sol de cette partie de la ville.

L'Hers n'est que le faible représentant de ce vaste courant venu de la Montagne-Noire.

DEUXIÈME PARTIE

LES VIEILLES FONTAINES ET LES ANCIENS PUITS DE TOULOUSE

CHAPITRE PREMIER

L'Aqueduc de la Régine Pédauque.

Les Romains, qui ont dominé pendant cinq siècles à Toulouse, firent de grands travaux de captage dont on peut voir encore les vestiges. « A Rome, l'emploi de l'eau à profusion et jusqu'au gaspillage, pour les usages publics et privés, devint un véritable besoin, à tel point que, pour capter la faveur populaire, il n'était pas de moyen plus sûr que de consacrer des sommes considérables à la construction d'ouvrages pour l'amenée, la distribution, l'utilisation des nouvelles eaux. Aussi les Romains n'ont-ils reculé devant aucune difficulté matérielle, aucun obstacle, aucun sacrifice pour se procurer de l'eau en abondance, et ils ont poussé si loin l'art de l'hydraulique, qu'ils sont encore aujourd'hui l'objet de notre admiration ; les types grandioses d'ouvrages qu'ils ont laissés, l'organisation remarquable de leurs services sanitaires, font de l'ancienne Rome la ville classique des distributions d'eau et de leurs applications » (Bechmann, *Distributions d'eau*). Dans tous les pays qu'ils ont occupés, l'usage et le goût des bains auxquels était consa-

crée une grande partie des dérivations, se développèrent à l'excès. Les eaux, qu'ils allaient chercher souvent à de grandes distances, étaient amenées par des aqueducs portés par des rangées d'arcades à un ou plusieurs étages où elles s'écoulaient en vertu de leur gravité.

En s'établissant dans notre pays, les Romains avaient remarqué que la partie occidentale est seule à présenter des sources abondantes, aussi est-ce sur la rive gauche de la Garonne qu'ils édifièrent les aqueducs, les bains et l'amphithéâtre. Au dire des anciens historiens, Toulouse, à l'époque romaine, s'étalait sur une large surface et comprenait plusieurs faubourgs. Ceux-ci s'étendaient jusqu'à Montaudran, Castanet, Vieille-Toulouse et l'Ardenne. Ausone l'appelle la Quintuple. Le faubourg des Ardennes, habité surtout par la noblesse, était le plus considérable. Près du château de Peyralade (1) passait un aqueduc qui recueillait les eaux des Ardennes. « Cet aqueduc prenait sa source au lieu où est située la maison de la Cipière. Le château d'eau, grande cave où se rassemblaient les eaux, subsistait du temps de Catel, qui en donne la description et qu'il assure être un édifice romain. Elles étaient portées sur des arceaux, dont plusieurs piliers subsistent encore, jusqu'au château de Peyralade. Ce nom, dérivé du mot *peyrole*, qui, en langue toulousaine, signifie chaudière, semble annoncer qu'il y avait en ce lieu des bains publics à l'usage des toulousains. Cet aqueduc, à en juger par les fondements des piliers qui se

(1) Le château de Peyralade, dont il reste des vestiges, paraît avoir été bâti par les anciens rois de Toulouse. Il fut habité par la reine Constance, épouse de Raymond. Dupuy parle « des beaux tournois qui se firent entre les chevaliers du Bourg et ceux des Ardennes, dont les uns habitaient du côté de la rivière où était la ville, les autres de l'autre côte de la ville où était l'amphithéâtre ». Ce château avec ses jardins, d'après Catel, s'étendait sur tout l'espace occupé par l'enclos des religieuses Feuillantines et Maltaises jusqu'à la porte de Taillefer. Il appartenait aux comtes de Toulouse et revint à la couronne en même temps que le comté de Toulouse. Il fut donné par le roi aux chevaliers de Malte. Ceux-ci y établirent un couvent de religieuses de leur ordre.

voient dans le jardin de l'ancienne maison du Bon-Pasteur, et dans la Garonne, au lieu où on baignait les femmes prostituées, traversait la rivière et allait aboutir à la pointe de l'île de Tounis.

« On voit sur le côteau de l'Ardenne, vis-à-vis Toulouse, au bas de la maison dite de la *Régine*, appartenant à M. de Saint-Félix, les restes d'un édifice de structure romaine. Il était composé de neuf galeries contiguës, voûtées, pavées en pierre de taille, et séparées l'une de l'autre par quatre arceaux. Il ne subsiste que deux de ces galeries. Ce bâtiment, situé auprès d'une belle fontaine, paraît avoir servi à des bains ; le nom de la *Régine* que la maison a conservé, semble prouver qu'il y a eu autrefois, en ce lieu, un palais appartenant à une reine de Toulouse, ce qui remonterait à un temps antérieur à la domination des Romains dans cette province, ou au règne des rois Visitgoths.

« Outre l'aqueduc dont je viens de faire mention, on en connaît plusieurs autres qui traversent la ville à une très grande profondeur, dans lesquels passe un volume d'eau considérable et qui vont aboutir à la Garonne. Un de ces aqueducs fut découvert lors de la construction du mur de face de la place de la Pierre. On ne peut douter qu'il n'ait été bâti par les Romains. On y trouva, dans une niche pratiquée dans le mur, une petite statue de bronze de six pieds de hauteur, d'un très beau travail, représenant un *Pocillator* et posée sur un piédestal de même matière. Cette figure est dans le cabinet de M. Daram. Les maisons qui forment le côté droit de la Maison-Professe sont bâties sur cet aqueduc, dans lequel donnent les puits et les latrines; on y entend distinctement le bruit des eaux qui découlent avec une grande rapidité. On a découvert un pareil aqueduc près de la porte du Château. Il y a lieu de croire qu'ils ont été pratiqués pour le déssèchement des lacs et des marais dont cette ville était autrefois environnée ». (M. de Montégut : *Recherches sur les antiquités de Toulouse. Mémoires*

de l'Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse, tome I, 10 avril 1777). Cet aqueduc, qui existait encore au moyen-âge, était appelé le pont de la Régine-Pédauque. Il recueillait les eaux des sources que l'on voit sourdre du côteau que traverse la voie d'*Auscius*. Douze de ces sources(1) donnent 2,620 mètres cubes d'eau par 24 heures ; une grande partie était employée pour les bains dont nous venons de parler ; le reste était conduit dans la ville par l'aqueduc de la *Régine*. Les Romains avaient été obligés d'élever l'aqueduc sur arcades à cause des différences de niveau entre les deux rives de la Garonne. On a retrouvé de nombreux massifs de maçonnerie sur le vieux chemin de Cugnaux qui ont permis à nos anciens écrivains d'en déterminer la direction et presque la forme. Antoine Soulier de Saint-Ander, écrit, en 1703, que cet aqueduc avait quatre kilomètres de long et qu'il était supporté par huit cents arcades.

Ces ouvrages ont été détruits pendant les guerres du moyen âge.

(1) Les sources de l'Ardenne ont été jaugées à différentes époques par le frère cordelier Lefèvre et par MM. Garipuy, Vireb nt et Laupies. M. Laupies obtint les résultats suivants :

	Pouces d'eau.	Hauteur.
Purpan	4	10m70
Colomés	10	12m02
Dufas	22	12m02
Fontettes	24	13m89
La Régine	2	13m92
La Cépière	8	14m71
Ader	12	15m22
Monlong (5 sources réunies a la grande fontaine	49	17m81
Campagne	9	
Le Mirail	10	
Reynery	2	
Fontaine-Lestang	9	
Ancien domaine des Bénédictins	5	
TOTAL	166 pouces d'eau.	

Le Griffoul (1) de Saint-Etienne.

Le griffoul de la place Saint-Etienne, la plus ancienne de nos fontaines publiques, résume, presque à lui seul, l'histoire de l'alimentation en eau potable de notre ville pendant le moyen âge et une partie des temps modernes.

Les origines de cette fontaine sont fort obscures. Les réparations faites à diverses époques par le chapitre ou la ville, amenèrent la découverte de galeries souterraines d'une très grande longueur qui conduisaient les eaux du plateau de Guilleméry.

Un acte de 1433, trouvé dans les archives de la ville, nous apprend que le prévot du chapitre fit réparer le griffoul. Les fontainiers chargés de ce travail découvrirent un aqueduc qui fit l'admiration des toulousains qui le visitèrent.

« L'an de la natibitat de Nostre-Seignor millo quatre « cents trento-trés et le segond jour de genier, le Rebérent « pairé en Dius, Moussun Bernard de Rouerga (c'était Bernard du Rosier, alors prévôt de Saint-Etienne) et Mous- « sun Jehan Deltil, fegon far la reparaciou del grifoul de « Saint-Estienné, en la forma que sieg.

« Premieroment, fegon curar las vadas et potzès devré « Saint-Salvador et feron remendar et sendar les canals, « ço queron necessarias : — troberen una premiera peira « debers en Guilhem, que curbissia un solemne potz, en « qual feron intrar tres homés d'amb'entorches.....

« Item ledit lavari se continuec, trabersan toujoun ; may « per la grande frayor et la grande espaven que homés abian « dedins lesdits potzés, non ausegen anar plus aban ; et « sapias que en tal maniera foc fait, que tota la cieutat, las « festas et les autres jors venian vezé ladito reparaciou

(1) Le mot *griffoul*, dans le langage du pays, signifie fontaine jaillissante.

« tant ero de grando admiraciou. » (*Mémoires de l'Académie de Toulouse*, tome III, 1783.)

Cet acte tomba dans l'oubli, puisque en 1719 la découverte de ces aqueducs souterrains excita tellement l'admiration que les capitouls ordonnèrent d'en lever le plan et de l'exposer en public.

« A l'égard des réparations, rapportent nos annales, les Capitouls de cette année (1719) en firent une qui fut très agréable au corps de la bourgeoisie et au public. Ils entreprirent le rétablissement de la fontaine, qui coulait autrefois dans la place Saint-Etienne, et dont on voit encore l'ancien bassin relevé par un obélisque. Leur dessein ayant été approuvé par le Conseil de ville, ils profitèrent du temps que le canal royal était à sec, pour faire arracher les anciens canaux de plomb qui servaient pour conduire les eaux à la place Saint-Etienne et en firent placer de nouveaux au-dessous du canal royal. Ce seul ouvrage aurait suffi pour faire couler la fontaine dans la place Saint-Etienne, comme elle faisait autrefois ; mais on se souvint que les eaux de cette fontaine étaient bourbeuses et qu'elles s'affaiblissaient pendant les grandes chaleurs de l'été. Pour faire un ouvrage utile au public, il fallait rendre les eaux plus abondantes et plus pures. Pour cet effet, il ne suffisait pas de nettoyer le réservoir qui est à la Porte de fer, audelà du canal. Au faubourg de Guilleméry, où est l'assemblage des eaux, il fallait sonder les aqueducs qui aboutissaient à cette porte, où il y a plusieurs regards, et aller, s'il est possible, jusqu'aux sources de ces aqueducs.

« Les fonteniers, en sondant ces aqueducs souterrains, firent des découvertes, inconnues jusqu'à présent, dont on ne trouve nul vestige, ni dans les précédents registres de l'Histoire, ni dans aucun monument public. Ils trouvèrent cinq aqueducs, grands ou petits, plusieurs sources, divers puits pour recevoir et clarifier les eaux, et d'autres ouvrages de bonne brique ou de beaume, le tout d'une structure

merveilleuse et des plus antiques, dont les Capitouls firent dresser un plan pour être exposé aux yeux du public.

« Parmi ces aqueducs, il y en a deux principaux : l'un, à main droite, qui va se perdre vers Montaudran ; l'autre, à main gauche, qui va vers Balma. Les fonteniers rapportaient deux faits également remarquables. Le premier, que quatre cent mille écus ne suffisaient pas pour faire aujourd'hui la dépense de ces aqueducs et des ouvrages qu'on y voit. Le second est à l'égard de l'ancienneté de ces aqueducs. Les fonteniers demeurèrent d'accord que ce n'étaient pas des ouvrages des derniers siècles ni d'une ancienneté moyenne, et que, suivant toutes les conjectures, il fallait qu'ils fussent d'une antiquité la plus reculée.

« Ce qui fortifie ces conjectures, c'est qu'en suivant l'aqueduc qui est à la main gauche, cent pas ou environ audessus de la Porte de fer, en passant sous la vigne de M. de Juillard, conseiller en la Grand'Chambre du Parlement, on a trouvé une grande pierre qui sert de clef à une voûte, sur laquelle est gravée, en caractères très anciens, cette inscription : *Tholus* (1). » D'après du Rosoi ces réparations ne coûtèrent pas moins de trente-cinq mille francs.

La fontaine Saint-Etienne est donc de date très ancienne.

« Dès les premiers temps on dût, à l'aide de simples fossés, prendre les eaux qui naissaient au pied du côteau et à un niveau plus élevé.

« Mais, ensuite, à une époque très vraisemblablement antérieure au treizième siècle, on perça un aqueduc souterrain, lequel, en se dirigeant vers Montaudran, longeait le pied du côteau jusqu'à un quart de lieue de distance et

(1) L'annaliste discute, à ce sujet, les origines de Toulouse. S'appuyant sur cette inscription, il reproduit une opinion ancienne d'après laquelle Tholus serait le fondateur de Toulouse. Ce Tholus, d'après les uns, était le neveu de Japhet, fils de Noé ; d'autres croyaient que Tholus était un capitaine Troyen qui aurait fondé Toulouse 1200 ans avant la fondation de Rome. Nous ne suivrons pas les annalistes dans ces considérations qui sont plutôt du domaine de la légende que de celui de l'histoire.

étendait des ramifications dans tous les sens. » (D'Aubuisson : *Histoire de l'établissement des fontaines à Toulouse.*)

Ces travaux, d'après d'Aubuisson, seraient très vraisemblablement dus au Chapitre de Saint-Etienne, qui était autrefois comme le souverain de ce quartier. D'ailleurs, en 1533, d'après l'historien Catel, le Parlement rendit un arrêt (1) par lequel il ordonnait « que les eaux du fossé (de l'aqueduc) de Saint-Etienne seraient conduites à la place de ce nom pour y faire un *griffoul,* tant à l'usage du Chapitre qu'à celui des habitants, le tout aux frais de la ville. » (*Mémoire* d'Aubuisson, p. 164.)

La fontaine Saint-Etienne fut rebâtie en 1649. Les eaux étaient *versées* par des anges, comme dans la fontaine du *Manneken-Piss* de Bruxelles, placées dans de petites niches creusées dans les quatres faces du socle d'un obélisque. Le bassin actuel date de 1720. « Un tel monument, devant la porte d'une église, est une des plus bizarres et des plus inconvenantes conceptions que l'on puisse voir : à peine pourrait-on le croire du dixième siècle. Dans ces derniers temps, on a assez mal et assez ridiculement cherché à pallier l'indécence de cette vue » (D'Aubuisson, déjà cité). La fontaine existe encore dans cet état.

En 1769 on fit de nouvelles réparations à la fontaine Saint-Etienne et on sonda ses aqueducs jusqu'à leur naissance. On consacra à cette seule fontaine une somme de 53,443 livres 10 sous que le roi avait remis à la ville, pour l'amélioration du service des eaux. On ne fut pas plus heureux que précédemment. Le débit ne fut pas augmenté.

Un jaugeage effectué en 1750 par l'Académie des sciences de Toulouse ne donna que 14 pintes d'eau ou 13,71 litres par minute. Et encore cette quantité diminuait de plus de la moitié pendant l'été.

(1) Cet arrêt existe, mais la date donnée par d'Aubuisson est inexacte ; malgré d'actives recherches, nous n'avons pu le retrouver.

Tous les travaux que l'on fit pour améliorer cette fontaine furent sans succès. Son débit était très faible et quelquefois même elle était complètement à sec. En 1823, six mille francs furent encore dépensés en réparations, et en 1827, « lorsqu'on a donné les eaux de la Garonne à cette fontaine, elle ne coulait pas depuis plus d'un an » (D'Aubuisson).

L'eau de la fontaine Saint-Etienne fut analysée en 1821 par M. Dispan (1). Dix kilogrammes de cette eau furent réduits, par l'évaporation, à un résidu de cinq grammes composé de :

Muriate de chaux................	2 gr. 167
Muriate de magnésie..............	0 » 958
Sulfate de chaux................	0 » 400
Carbonate de chaux..............	0 » 808
Oxide de fer....................	0 » 425
Résidu présumé siliceux..........	0 » 242
	5 gr. 000

M. Dispan fait ressortir l'importance de la présence du carbonate d'ammoniaque, qui y entre dans la proportion de 4 décigrammes par litre et communique à l'eau des propriétés alcalines.

Donc, au point de vue de sa qualité, cette eau, comme le montre l'analyse de M. Dispan, laissait fort à désirer.

« Voilà de bien grands travaux et des dépenses qui s'élèvent peut-être à deux millions de notre monnaie ; et cela pour n'avoir, et que par intervalles seulement, quelques filets d'une mauvaise eau » (D'Aubuisson).

(1) L'analyse de M. Dispan fut faite dans les circonstances suivantes : Ce professeur, dans une de ses leçons, montrait les réactions des eaux séléniteuses. L'eau qui servait à ces expériences provenait de la fontaine Saint-Etienne qui passait pour être séléniteuse à l'excès. Les résultats ayant été négatifs, M. Dispan entreprit l'analyse complète de cette eau,

Autres fontaines publiques.

On employa les eaux collectées à Guillemêry, par un aqueduc découvert en 1780, à l'alimentation d'une nouvelle fontaine que l'on établit place Dauphine (1), dans le faubourg Saint-Etienne.

En 1508 les capitouls firent élever, près de la porte de Montgaillard (2), une fontaine jaillissante. Les eaux provenaient des sources de la *Béarnaise* et de la *Barraquette* (3), situées au pied du côteau de Guillemêry, vers le sud et au-delà des aqueducs.

On essaya encore, en 1783, d'utiliser ces eaux ; le Conseil de ville projeta d'amener celles de la Béarnaise à la promenade de l'Esplanade et aux portes de Montgaillard et de Montoulieu. On ajourna l'exécution de ce projet jusqu'à ce que l'Académie des sciences se fut prononcée.

En 1600, s'il faut en croire nos Annales, on établit une fontaine près la porte Matabiau. Cinquante ans après on n'en trouve plus trace (4).

Au faubourg Saint-Michel, près du mur de la ville, une source située à douze pieds au-dessous du sol alimentait un lavoir. Ce lavoir fut réparé en 1712 et en 1784 ; du temps de d'Aubuisson, ce lavoir était dans un grand état de délabrement.

Dans le faubourg Saint-Cyprien se trouvait la fontaine dite des Trois-Cannelles. Cette fontaine fournissait l'eau par trois tuyaux de débit, de là sa dénomination. Elle était située sur l'emplacement occupé actuellement par l'ancien Château-d'Eau. En 1712, une inondation la détruisit et quatre ans plus tard on la rétablit.

(1) Du Rosoi, tome V.
(2) Lafaille, tome I, p. 302.
(3) D'après d'Aubuisson, le 13 avril 1830, la première ne fournissait plus que 2,16 pouces d'eau et la seconde 1,14.
(4) Lafaille, tome II.

Place de la Daurade, une source très abondante se jetait dans la Garonne, vers le milieu du port de la Daurade et sous l'une des assises de pierre de taille qui terminent le port. M. Laupies, qui la jaugea au mois de mars 1807, lui trouva un débit de 10,297 litres par minute. Cette source coulait dans des aqueducs d'une date très ancienne et situés à une grande profondeur sous le sol de la ville.

CHAPITRE II

Les anciens Puits.

Le faible débit des fontaines publiques et leur petit nombre ne leur permettaient pas d'alimenter la ville d'une façon exclusive. On avait recours à l'eau de la rivière que les habitants allaient chercher eux-mêmes et aux puits creusés dans divers points de la ville.

Dans le plan de Toulouse, dressé en 1766, que nous reproduisons, nous avons indiqué l'emplacement des puits de cette époque, ainsi que celui des bateaux où l'on allait prendre l'eau de la Garonne. On peut constater que les puits occupaient de préférence la périphérie de la ville, les habitants du centre employant l'eau de la rivière. En plus de ces puits publics, la plupart des habitations avaient leur puits particulier.

Nous avons vu, dans l'aperçu géologique et hydrographique de la région toulousaine, que la ville était bâtie sur une épaisse couche de terrain d'alluvion très perméable, reposant sur le tuf imperméable. Ces conditions particulières permettent l'existence d'une abondante nappe phréatique capable d'alimenter de nombreux puits. En certains points,

PLANCHE I.

PLAN DE TOLOSE (en huit Capitoulats) 1766

Cent vingt Cannes Tolosaines
qui font Cent Thoises

Porte d'Arnault Bernard
Porte Montolieu
Porte Montgaillard
Porte du Chasteau
Les Carmes des chausses
R. de Montaudran
Fauxbourg St Michel
Ste Catherine
Chapelle de Garault
Port de Garault
Moulin à poudre
Le Grand Ramier

même, cette nappe est si abondante qu'en temps de crue elle envahit les caves et les sous-sols des habitations.

L'eau fournie par ces puits était de très mauvaise qualité. La nappe, dans son trajet souterrain à travers un sol où étaient creusées de nombreuses fosses non étanches et qui recevait les infiltrations polluées de la surface, était contaminée à l'excès. Aussi, l'analyse chimique de l'eau de ces puits a-t-elle révélé la présence de nitrates, d'ammoniaque, etc., indiquant son altération par des matières organiques en décomposition. C'est ainsi que M. Magnes, dans sa *Notice chimique sur l'eau des puits des prisons de Toulouse* (1), signala, en 1819, la présence de ces substances dans l'eau de ces derniers.

Les recherches de M. Magnes portèrent sur les puits de la maison d'arrêt du Sénéchal, occupée par les religieuses de Saint-Sernin.

Les huit puits qui se trouvent dans l'établissement furent mis à sec et recurés, afin de les débarrasser de toutes les matières qui avaient pu y tomber pendant les réparations exécutées dans les bâtiments. On recueillit un peu de la matière terreuse qui tapissait le fond. Cette matière était une marne argileuse et assez sableuse. L'analyse donna les résultats suivants :

Glaise	50
Carbonate de chaux	5
Sable et mica	35
Fer et perte	10
	100

Le poids spécifique de l'eau varie de 1,009 à 1,026. L'eau du puits n° 1, situé près du logement du concierge, donna à l'analyse, pour 10 kilogrammes d'eau :

(1) Cette notice est extraite d'un rapport fait par ordre du Préfet de la de la Haute-Garonne sur l'état sanitaire des prisons de Toulouse.

Acide carbonique.............	0gr	265
Muriate de soude.............	1	029
Matière animale extractive.. ..	0	399
Nitrate de chaux..............	0	664
Nitrate de magnésie...........	0	597
Nitrate de potasse............	1	660
Sulfate de chaux........... ...	1	660
Carbonate de chaux...........	0	598
Silice	0	066
Carbonate d'ammoniaque ..... / Sulfate d'ammoniaque........	0	265
Perte.........................	0	763
	7gr	966

Les eaux des autres puits présentaient à très peu près la même composition. Toutes renfermaient des nitrates, substances très rares dans les eaux potables. Le puits du jardin, éloigné des anciennes latrines de l'établissement et de tout dépôt de matières organiques en décomposition, contenait également des nitrates et de l'ammoniaque.

D'où pouvaient bien provenir ces sels de nitre et ce carbonate d'ammoniaque ? Les religieuses avaient fait usage de cette eau pour les besoins domestiques, et n'en avaient été nullement incommodées. M. Magnes attribua cette infection au fait suivant. En 1814, pendant le séjour de l'armée anglaise, ce local avait servi d'abattoir pour les bestiaux destinés aux rations de l'armée. Les débris de ces animaux furent enfouis dans le jardin de l'établissement. Il est donc très vraissemblable que les infiltrations pluviales, après s'être chargées de produits de décomposition des substances organiques, ont contaminé l'eau des puits.

M. Magnes retrouva des nitrates de chaux et de potasse, des muriates de chaux et de soude, du carbonate d'ammoniaque et du sulfate de chaux dans l'eau des puits de la maison de justice située dans les bâtiments du Capitole.

L'eau était même colorée par une matière excrémentitielle provenant d'une fosse d'aisance voisine.

Le même fait fut constaté pour l'eau des puits de la prison militaire, dite des *Hauts-Murats*. Cette eau est très séléniteuse et infectée par le voisinage d'une fosse d'aisance.

Dans une enquête faite par ordre de l'autorité supérieure, sur la qualité de l'eau des puits dont se servent les boulangers dans l'exercice de leur profession, MM. Dispan et Magnes trouvèrent dans toutes ces eaux une quantité de carbonate d'ammoniaque suffisante pour en rendre l'usage dangereux. Comme précédemment, la présence de l'ammoniaque fut attribuée au voisinage de fosses non étanches. Dans les faubourgs, en effet, où les fosses sont rares, les sels ammoniacaux sont moins abondants (*Mém. de l'Ac. des sciences de Toulouse*. An. 1807-1827, p. 156).

L'eau des puits était donc impropre à la boisson.

Il nous faut arriver à l'année 1830, époque où d'Aubuisson creusa ses filtres, pour que Toulouse bénéficiât d'une eau saine et agréable à boire, selon les vœux du capitoul Lagane.

CHAPITRE III

Les filtres de la Samaritaine (1).

Avant la belle distribution d'eau de d'Aubuisson, des entreprises particulières vendaient de l'eau filtrée aux habitants de la ville.

L'une d'elles était située au pont de Tounis, au local dit de la Samaritaine. Les eaux du canal de fuite du Moulin-du-Château étaient élevées par des pompes mues par des roues hydrauliques et déversées dans un réservoir de décantation. On faisait ensuite traverser à l'eau quatre couches de gravier et de sable de 1 mètre 30 d'épaisseur chacune. Un mètre carré de ces couches superposées filtrait seulement 20 mètres cubes. Ces filtres, qui étaient d'ailleurs d'un nettoyage dispendieux, fournissaient peu d'eau. L'eau obtenue était peu clarifiée et son prix élevé. Des porteurs la débitaient dans la ville.

L' « eau brevetée » des Amidonniers.

On préférait généralement à l'eau des filtres artificiels de la Samaritaine l'eau filtrée naturellement dans le quartier des Amidonniers. La municipalité avait accordé une autorisation

(1) Nous avons emprunté les renseignements sur les filtres de la Samaritaine et les puits des Amidonniers à un travail de M. Ed. de Planet, sur les fontaines publiques de Toulouse, paru en 1889.

légale pour la vente à MM. Bouthou, Manuel et Plohais. Aussi pouvait-on voir se détacher, en lettres d'or, ces mots : « Eau brevetée » sur le frontispice du château-d'eau des Amidonniers.

Les puits qui étaient l'objet de cette entreprise s'alimentaient dans l'abondante nappe phréatique du terrain compris entre le canal de Brienne et le canalet. Cet espace, aujourd'hui comblé, était autrefois en partie recouvert par les eaux. A l'époque où la chaussée du Bazacle n'était pas encore établie, à l'endroit où se trouve actuellement le moulin du Bazacle, un roc très dur appelé le *Cabès du Bazacle*, divisait le fleuve en plusieurs bras dont le thalweg de l'un d'eux suivait la direction de la rue des Amidonniers. Un autre bras passait à l'emplacement actuel de l'usine à gaz dans la dépression aval du village des Sept-Deniers. Ces divers bras se sont comblés et il s'est formé une alluvion qui se termine au point dit de l'embouchure du canal du Midi.

C'est dans le thalweg occupé par la rue des Amidonniers qu'étaient creusés les puits qui, pendant plus de vingt ans, fournirent à la ville les 5/6 de l'eau potable. Cette eau était fraîche et de bonne qualité ; elle était élevée par des pompes dans des réservoirs. Les revendeurs venaient remplir leurs tonneaux roulants, d'une capacité de 600 litres environ, et payaient 1 franc par barrique. L'eau était revendue au public 10 centimes la cruche. Ces cruches étaient en grés et contenaient environ dix litres. « Tous ceux qui vivaient en 1815 et en 1820, ont pu voir dans nos rues, ces hommes robustes, coiffés d'un chapeau en cuir à larges bords, peints en vert, criant de toutes leurs forces, en accompagnant leur charrette : *Aïgo ! aïgo !* » (Ed. de Planet).

CHAPITRE IV

Anciens projets de Fontaines publiques (1).

L'alimentation en eau potable qui n'était assurée que par les quelques fontaines et les puits dont nous venons de retracer, à grands traits, l'histoire, était insuffisante pour une ville de plus de cinquante mille habitants. Aussi, à diverses époques, les magistrats cherchèrent-ils à pourvoir au besoin d'une distribution d'eau qui se faisait si impérieusement sentir.

Le plus ancien projet dont fassent mention nos annales date de 1612. Il consistait à élever les eaux de la Garonne, à l'aide de machines et à les distribuer dans la ville. On objecta à son auteur, italien d'origine, que les eaux de la rivière sont boueuses pendant une partie de l'année. Ce projet était en outre trop dispendieux pour un si maigre résultat ; on le rejeta.

A la même date l'architecte du chapitre de Saint-Etienne proposa l'adduction des eaux de source des Ardennes, ce projet ne fut pas exécuté.

Repris en 1677, le projet d'adduction des eaux des Ardennes fut adopté par le Conseil de ville. On l'adjugea à un entrepreneur qui moyennant une somme de quarante mille

(1) Nous avons puisé les renseignements dans l'*Histoire de l'établissement des fontaines de Toulouse*, par d'Aubuisson de Voisins.

livres devait amener 25 pouces d'eau à la place Rouaix et aux autres lieux indiqués au devis. Les travaux étaient en voie d'exécution, lorsque l'intendant de la province les fit vérifier. Il fut reconnu que les maçonneries étaient trop faibles. Ce n'était pas d'ailleurs la première fois que l'on éprouvait de pareils mécomptes; depuis un siècle, on avait tenté, à diverses reprises l'adduction des eaux des Ardennes et faute de bons plans on avait toujours échoué. Le projet fut envoyé à Paris pour y être soumis aux hydrauliciens les plus expérimentés et les travaux furent suspendus.

En 1682, on adopta le projet d'un marseillais, qui consistait à conduire trois pouces d'eau au-delà du pont, à l'aide d'un aqueduc. On n'obtînt qu'un demi-pouce. Cette eau s'écoulait dans des tuyaux de poterie placés dans une des galeries situées sous les trottoirs du Pont-Neuf. Ces galeries ont sans doute été ménagées pour cet usage puisque le pont ne fut terminé qu'en 1686.

Cette quantité d'eau étant insuffisante pour la ville, on en restreignit l'emploi au faubourg. L'eau fut envoyée dans une fontaine en forme de rotonde que l'on construisit dans l'angle formé par le quai et la rampe du pont. Elle fut enlevée en 1823 lorsqu'on éleva sur son emplacement l'ancien château d'eau.

Malgré ces nombreux insuccès, l'administration municipale de 1684 reprit le projet de l'adduction des eaux des Ardennes. Dans ce projet, ces eaux étaient collectées dans un réservoir au rond-point de la Patte-d'Oie de la Régine. Une partie arrivait dans le réservoir par l'avenue de Lombez ; celles qui provenaient des environs du château de la Cépière suivaient l'avenue de Cugnaux Les eaux de la source de Purpan, réunies d'une part à celles de la propriété de Purpan, où les Romains avaient construit un réservoir en charge, et, d'autre part, aux sources qui sourdent à la base de la butte du Polygone, se rendaient au réservoir en suivant l'avenue de Bayonne.

Ce projet ayant soulevé des objections, on nomma une commission qui ne décida rien.

En 1750, un flamand, nommé Brossard, proposa d'élever les eaux de la Garonne à une hauteur suffisante pour leur distribution dans la ville. La machine qu'il présenta fut examinée par l'Académie des sciences de Toulouse. Ce n'était qu'une simple noria mue par une roue à aubes. Ce projet ne fut pas mis à exécution.

En 1760, François Lefèvre, frère cordelier, hydraulicien distingué, dans un premier projet, élevait les eaux de la Garonne à l'aide d'une machine consistant en quatre pompes mues par une roue à aubes. Les eaux, clarifiées par décantation dans un réservoir, devaient être distribuées à quarante-sept fontaines établies en divers points de la ville. Ce moyen de clarification fut trouvé insuffisant et le projet repoussé.

Sur les indications de l'administration municipale, le frère Lefèvre présenta un nouveau projet sur l'adduction des eaux des Ardennes. Mais trouvant la quantité d'eau fournie par ces sources insuffisante, il proposait, concurremment avec celles-ci, l'emploi de l'eau de la rivière clarifiée comme dans son projet primitif. Dans ce troisième projet, les eaux des Ardennes étaient menées jusqu'au pied des tours du pont. Là, une machine les élevait en même temps que l'eau de la rivière. Chacune de ces deux sortes d'eau était envoyée dans un réservoir spécial, au haut des tours. Les eaux motrices de la machine étaient prises au-dessus de la digue de Braqueville et amenées par un canal de 2.800 toises de long (environ 6 kilomètres). Les eaux des Ardennes devaient alimenter quarante-trois fontaines, les eaux de la Garonne cinq fontaines seulement, situées sur principales places de la ville. La dépense était évaluée à 421.165 francs. On ne donna pas suite à ce projet.

L'Académie des sciences de Toulouse, qui s'était souvent occupée de la question des eaux potables, proposa, en 1783,

un prix pour le meilleur projet d'établissement de fontaines publiques.

La question à résoudre était : « Déterminer les moyens les plus avantageux de conduire dans la ville de Toulouse une quantité d'eau suffisante, soit des sources éparses dans le territoire de la ville, soit du fleuve qui baigne ses murs, pour fournir, en tout temps, dans les différents quartiers, aux besoins domestiques, aux incendies, à l'arrosement des rues, des places, des quais et des promenades ».

Le prix était de 1.000 francs. L'administration municipale y ajouta 2.400 francs. Aucun mémoire ne remplissant les conditions exigées, le terme du concours fut prorogé jusqu'en 1785. Les résultats du concours n'étant pas encore assez satisfaisants, le prix fut réservé.

M. de Garipuy, directeur des travaux de la province, qui figurait parmi les juges du concours, avait fait une étude particulière de la question proposée. Il ne reste de ce travail que quelques renseignements recueillis par des contemporains. M. de Garipuy présentait trois solutions :

Dans la première, M. de Garipuy préconisait la dérivation d'un cours d'eau, il choisissait l'Ariège. La prise d'eau devait être faite à trois lieues en amont de Toulouse. Une galerie établie dans le côteau de Pech-David et un canal creusé sur le flanc du côteau, conduisaient les eaux dans un aqueduc sur arcades qui les déversait dans un château-d'eau placé au centre de l'Esplanade.

Comme deuxième moyen, M. de Garipuy proposait l'adduction des eaux des Ardennes.

Enfin, comme dernier moyen, on pouvait élever directement les eaux de la Garonne à l'aide de machines, et les distribuer aux fontaines.

Ces diverses solutions restèrent à l'état de projet.

De tous ces projets que nous avons passés en revue, aucun d'eux ne fut réalisé. Il y avait deux raisons pour cela : la

courte durée du mandat des magistrats de la ville, dont les fonctions étaient annuelles, enfin, et surtout, les faibles ressources du budget municipal. La ville ne disposait pas de plus de 400.000 francs. Avec d'aussi modestes revenus, il était impossible de mettre à exécution les projets grandioses qui étaient présentés. C'est à des circonstances toutes particulières, comme nous le verrons plus loin, que Toulouse doit sa première distribution d'eau.

CHAPITRE V

La première distribution d'eau à Toulouse.

SECTION PREMIÈRE

LE LEGS DU CAPITOUL LAGANE.

Il règna chez les Romains un usage aussi heureux qu'utile : des citoyens, inspirés par leur zèle, léguaient à leurs municipes des sommes qu'ils affectaient à des objets d'utilité publique.... De même, lorsqu'il s'est agi d'accélérer la construction de notre magnifique pont, des citoyens firent des libéralités à la ville, entre autres M. d'Aufreri, un des parens de mon épouse ; par son testament, en 1515, il affecta à cet objet une somme équivalant à soixante mille francs d'à-présent. Peut-être qu'en suivant un tel exemple, on parviendra à obtenir plus facilement de l'administratton qu'elle fasse entreprendre les travaux qui doivent procurer les eaux si désirées des concitoyens...

En conséquence, je lègue à la ville une somme de cinquante mille livres pour y introduire les eaux de la Garonne, pures, claires et agréables à boire ; en un mot, dégagées de toutes saletés, afin que les habitans puissent en boire toute l'année. Mais si cela ne se peut, la somme ci-dessus servira à y conduire les eaux des fontaines voisines. Je ne répondrais pas à tous les mouvements de mon

zèle, si je n'invitais mes concitoyens, au nom de la patrie, à contribuer de même à la dépense d'une entreprise si essentielle... à un objet qui intéresse la commodité et la santé des habitans, et qui, autant par sa grande importance que par son utilité et sa nécessité, mérite d'être exécuté avant tout autre ouvrage... Ce legs fait à la ville ne sera exigible qu'après le décès de mon héritière (mon épouse)... Mais, si dix ans après sa mort, les administrateurs n'ont pas entièrement terminé la conduite des eaux dans la ville, je révoque le legs, que mon héritier pourra répéter s'il a été acquitté.

C'est à cet acte, inspiré par un patriotisme ardent, que Toulouse doit ses premières fontaines publiques. Pour en perpétuer le souvenir, l'administration municipale fit placer au-dessus de l'entrée principale du Château-d'Eau une plaque commémorative, avec l'inscription suivante :

CHARLES LAGANE, ANCIEN CAPITOUL,
PAR UN LEGS DE 50,000 FRANCS FAIT A LA VILLE DE TOULOUSE,
A DÉTERMINÉ L'ÉTABLISSEMENT DES FONTAINES PUBLIQUES.

QUE CE MARBRE PERPÉTUE LE SOUVENIR
DU BIENFAIT ET DE LA RECONNAISSANCE.

En 1789, après la mort de Lagane, les préoccupations politiques firent oublier le legs, et ce ne fut qu'en 1803, lorsque le calme fut revenu, qu'on s'occupa des fontaines publiques. Le legs de Lagane fut accepté à l'unanimité par le conseil municipal, dans la séance du 10 janvier 1803 (20 nivôse, an XI). Le 31 mars suivant, un arrêté du gouvernement de la République sanctionna cette acceptation et un décret du 25 janvier 1807 donna les autorisations nécessaires à l'érection d'une fontaine au centre de la ville. On nomma, à cet effet, une commission de cinq membres, composée de MM. Dispan, Martin, Laupies, Saget et Virebent. Dans cette interprétation du testament de Lagane,

l'établissement d'une seule fontaine était visé. Mais, en 1808, l'empereur, de passage à Toulouse, voulut doter notre ville d'une grande distribution d'eau et rendit un décret portant « qu'il serait dressé des plans et projets pour donner à la ville de Toulouse un nombre suffisant de fontaines publiques. » (Art. 5). Il devait être pourvu à la dépense, moitié aux frais du trésor public, moitié aux frais de la ville. Ce décret ne fut jamais exécuté.

Le legs devenu exigible, par suite du décès de Mme Lagane, survenu en 1817, l'administration municipale se trouva dans un grand embarras. La somme léguée était manifestement insuffisante pour la fontaine que l'on se proposait d'établir ; les dépenses représentaient une somme quatre fois plus considérable. D'autre part, on ne pouvait refuser un don si généreusement offert et en perdre les avantages. Après quelques hésitations on procéda, sans retard, à l'établissement d'une première fontaine. Le conseil vota les fonds nécessaires et on chargea une commission, composée de MM. le marquis de Castellane, de Marsac, de Rességuier, Amilhau et d'Aubuisson, d'étudier les moyens propres à sa réalisation. Cette commission prit le nom de Commission des fontaines.

SECTION II

LA COMMISSION DES FONTAINES

La Commission des fontaines, aux travaux de laquelle Toulouse est redevable de la première distribution d'eau, avait à étudier trois points : la quantité d'eau nécessaire, les moyens de se la procurer et l'emplacement qui convenait le mieux pour l'élever et la distribuer.

Quantité d'eau nécessaire. — Sur ce premier point, on pouvait se baser sur les quantités employées dans les villes

qui possédaient déjà une distribution d'eau. A Paris, on comptait 7 litres par individu et par 24 heures; à Liverpool, 28 ; à Manchester, 44; à Edimbourg, 62; à Londres, 80; à Glascow, 100. On s'arrêta, pour Toulouse, qui comptait à ce moment environ 50,000 habitants, au nombre de 80 litres par tête, soit, 4,000 mètres cubes d'eau par 24 heures pour la ville entière. Une partie de cette eau devait être destinée aux usages domestiques ; l'autre, la plus considérable, au service public, tel que le nettoyage des rues et des égouts, l'alimentation des fontaines monumentales, des abreuvoirs, etc.

Moyens de se procurer l'eau. — Où trouver l'eau? Tel fut le problème qui se posa ensuite. Pour le résoudre, le maire réunit une commission extraordinaire qui examina, dans la séance du 15 juillet 1807 les divers projets présentés.

On avait à choisir entre deux solutions : ou bien employer les eaux des sources des Ardennes qui sont les sources les plus proches, comme l'avaient fait les Romains, ou encore faire des prises d'eau aux cours d'eau qui sillonnent les régions voisines de la ville.

Un architecte, M. Virebent, préconisa la première solutions. Il divisait les sources des Ardennes en deux catégories : les sources hautes et les sources basses ; ces dernières, d'un débit de 660 mètres cubes, ne pouvaient dépasser le faubourg. Il leur empruntait 200 mètres cubes d'eau, qu'un aqueduc conduisait à Purpan, puis à la place du Chai-Redon, d'où elles étaient distribuées au faubourg et aux hospices. Les sources hautes, qui pouvaient fournir 1.200 mètres cubes d'eau, étaient employées seules à l'alimentation de la rive droite. On n'en prenait que 600 mètres cubes qui se rendaient dans un réservoir établi à la Cépière, un château-d'eau élevé sur la place du Pont les distribuaient aux neuf principales places de la ville. La dépense était évaluée à

705.936 francs. L'achat des sources n'était pas compris dans l'estimation.

Ce projet, trop coûteux pour une si petite quantité d'eau, fut rejeté.

L'eau de source ne pouvant être employée, restait à examiner ce que pouvaient fournir les cours d'eau.

Tout naturellement, on pensa au canal qui passe dans la ville. Mais cette eau est vaseuse et son courant très faible ; on ne pouvait compter que sur une eau de qualité très médiocre. De plus, le curage du canal aurait nécessité des interruptions de service. Pour ces motifs, ce projet fut écarté.

On ne s'arrêta pas davantage à l'idée de dériver les eaux de la Montagne-Noire. La dépense eût été trop considérable, et dans ce long trajet l'eau aurait perdu ses qualités premières.

On ne pouvait guère compter sur les divers cours d'eau qui coulent à l'est de la ville, tels que l'Hers, la Saune, la Marcassaune, le Girou, etc., par suite du débit trop faible et de leur régime instable.

L'Ariège offrait des ressources plus considérables. Aussi, M. Laupies (1), reprenant un projet dont M. de Garipuy avait eu la première idée en 1765, proposa-t-il d'établir une prise d'eau sur la rive droite de cette rivière à 20 kilomètres en amont de Toulouse. Pour amener ces eaux dans la ville, il fallait creuser une galerie souterraine qui déboucherait dans la vallée de l'Hers, dans un canal ; puis construire un aqueduc sur des arcades aboutissant à un château-d'eau élevé au centre du Boulingrin. La dépense, évaluée à quatre millions, n'était nullement en rapport avec le résultat et trop élevée pour les ressources de la ville.

Il fallut en venir aux eaux de la Garonne. Là, du moins,

(1) M. Laupies s'était déjà occupé de la question des eaux dès 1809 dans son *Mémoire sur le choix du meilleur projet à adopter pour l'établissement des fontaines de la ville de Toulouse.*

on était sûr de trouver, dans de bonnes conditions, un volume d'eau suffisant. Dans un premier projet, M. Laupies, avant même d'avoir songé à l'Ariège, établissait une prise d'eau sur la rive gauche, à Muret, c'est-à-dire à une hauteur qui permit l'établissement de fontaines jaillissantes. Un aqueduc à arcades de 20 kilomètres de long amenait les eaux dans la ville. La dépense exigée par un tel ouvrage eut été par trop considérable.

Un autre ingénieur, M. Maguès, proposa alors la modification suivante. L'eau dérivée un peu au-dessous de Muret par un canal creusé sur le plateau des Ardennes était déversée dans un bassin construit à la Patte-d'Oie de la Régine. 1.200 mètres cubes d'eau seraient prélevés et conduits par des tuyaux de fonte aux tours du Pont, d'où on les distribueraient dans la ville. Ce projet, bien conçu et bien étudié, arrêta longtemps l'attention de la Commission qui invita son auteur à le rédiger. Deux ans après, en 1819, M. Maguès présenta à l'Académie des sciences un mémoire sur *les moyens de conduire dans la ville de Toulouse une quantité d'eau suffisante*. Quoique moins coûteux que le précédent, ce projet était encore trop dispendieux.

La Commission s'arrêta à l'idée de puiser directement l'eau dans la Garonne. Des machines élèveraient les eaux que l'on clarifierait par filtration. Des préventions ne manquèrent pas de s'élever au sujet des machines ; l'alimentation, disait-on, serait à la merci du moindre dérangement de ces mécanismes compliqués. De continuelles réparations seraient nécessaires pour les maintenir en état ; de là des interruptions dans le service et un entretien coûteux. Il ne fallut rien moins que l'autorité de d'Aubuisson et la ferme volonté du maire, de Villèle, pour faire adopter ce projet. On décida donc que les eaux seraient élevées par deux machines indépendantes donnant cent pouces chacune à vingt pieds plus haut que la place Rouaix, point le plus élevé de la ville. La dépense pour

les deux machines et le bâtiment fut évaluée par Abadie à 70,000 francs. Le rapport présenté par M. de Marsac fut adopté, à l'unanimité, par le conseil municipal, dans la séance du 30 août 1817.

Choix des machines. — L'administration municipale ouvrit un concours aux termes duquel les ingénieurs ou mécaniciens étaient appelés à présenter les plans et devis de machines à deux équipages entièrement distincts, destinées à élever au moins deux cents pouces d'eau à une hauteur de soixante et un pieds.

Des huit projets présentés, celui d'Abadie retint seul l'attention de l'administration. La machine d'Abadie reposait sur le même principe que les pompes employées dans la capitale et rappelait la machine de Marly.

« M. d'Abadie, raconte d'Aubuisson, dans son *Mémoire sur les fontaines de Toulouse,* sans en avoir pu examiner les détails (il s'agit des pompes de Marly), saisit le principe de leur construction, et ce qu'il proposa fut mieux encore. Ses gros cylindres-pistons, en bronze et d'un poli éclatant, sont peut-être les plus beaux qu'il y ait encore en France. Les roues motrices, toutes en fer forgé ou fondu (sauf les aubes), étaient d'une rare élégance et d'une forme particulière à l'auteur ; ses manivelles et ses clapets étaient remarquables par leur bonne disposition, et les mouvements étaient en général bien liés. Les deux équipages consistant chacun en une roue hydraulique, quatre pompes et un tuyau montant, étaient entièrement distincts, mais disposés de manière à pouvoir être renfermées très convenablement dans un même édifice. Ce projet avait été bien étudié ; il avait été trois fois refait par l'auteur et toujours avec de nouveaux perfectionnements ; dans son ensemble comme dans ses détails, il parut bon et convenable à l'objet auquel il était destiné. Le devis des machines qui y était annexé en portaient la dépense à 58.316 francs. »

Sur l'avis de l'Académie des sciences, on adopta les plans et devis d'Abadie.

Choix de l'emplacement du château-d'eau. — La Commission des fontaines, à laquelle on avait adjoints MM. Clausade, Laupies, Maguès, Chaumont, Virebent, Abadie, hésita longtemps pour le choix de l'emplacement des machines. Il ne lui fallut pas moins de trois ans d'un travail ardu et continu pour aboutir à une solution.

La force motrice pouvait être fournie par deux chutes d'eau : la chaussée du Moulin-du-Château et celle du Bazacle.

La chaussée du Moulin-du-Château qui fournit l'eau à cette usine, présente une très grande instabilité et la force motrice est faible ; l'emplacement dont on pouvait disposer au Moulin-du-Château pour installer les machines était exigu et les propriétaires auraient sûrement exigé une forte redevance.

La chaussée du Bazacle ne présentait pas les mêmes inconvénients. Sa solidité est remarquable et sa chute plus considérable était susceptible de donner une force motrice bien supérieure. L'entretien en est peu coûteux ; la ville n'aurait qu'à contribuer, pour une faible part, aux réparations annuelles qu'elle exige. Le bassin du Bazacle réunissait tous les avantages. Le bassin choisi, il restait à établir quel point de ses rives était le plus favorable pour l'installation des machines.

Les divers emplacements sur la rive droite : près du canal Saint-Pierre et à la Manufacture des tabacs étaient trop éloignés du centre de la ville et auraient exigé une canalisation coûteuse. On se porta alors sur la rive gauche où on trouva un emplacement très convenable à l'intersection du cours Dillon et de la rampe du pont. L'espace était suffisant pour le bâtiment et les machines. Le niveau du sol très élevé au-dessus du fleuve mettait le bâtiment à

l'abri des plus hautes crues. Le banc de sable qui s'étale en amont pouvait fournir une eau claire et limpide. Ce point n'était pas trop éloigné du centre de la ville ; d'ailleurs, les galeries creusées depuis cent cinquante ans sous les trottoirs du pont permettaient, dans l'établissement de la canalisation, une économie de 20,000 francs. Un canal de fuite assez long (près d'un quart de lieue) était le seul inconvénient qu'on pouvait objecter. C'est à cette position que la commission donna ses préférences.

Château-d'eau. — M. Virebent proposa de placer les machines au bas des tours du pont, et d'élever les eaux dans l'une d'elles. Mais on eût été obligé de creuser leur emplacement dans la culée du pont, ce qui ne pouvait se faire sans compromettre la solidité de l'ouvrage. D'ailleurs, Abadie insistait pour que ses machines fussent disposées dans un bâtiment construit à cet effet, afin de ne pas détruire leur agencement. Il présenta un projet de bâtiment, qu'il avait fait dresser par l'architecte Raynaud. Comme emplacement, il avait choisi celui de la fontaine en rotonde, bâtie en 1682 et alimentée par les eaux des Ardennes. Les propositions d'Abadie furent adoptées.

Canaux d'amenée et de fuite. — Mais il fallait mouvoir les roues. Si la prise d'eau et le canal d'amenée ne présentaient aucune difficulté d'exécution, la distance entre le bâtiment et la Garonne étant très faible, il n'en était pas de même du canal de fuite qui devait aboutir au-dessous de la chaussée du Bazacle. On chargea alors M. Magués de faire un nivellement très exact de la rivière depuis le pont jusqu'au-dessous du moulin Baylac et d'étudier les variations du niveau de la Garonne en temps de crue et de sécheresse aux deux extrémités de la ligne nivelée. La connaissance de ces divers points était indispensable pour le choix d'une

disposition telle que les effets des crues et des basses eaux se fassent le moins sentir.

D'après le mémoire rédigé à cet effet par M. Maguès, il fut décidé :

1° Que la prise d'eau serait ouverte vis-à-vis le château d'eau, à 1m 60 en contre-bas des basses eaux de la rivière ;

2° Que les eaux seraient menées aux machines par un aqueduc souterrain de 2m 30 de large, sur 1m 75 de hauteur ;

3° Qu'elles seraient ramenées à la rivière d'abord, et dans le faubourg, par un second aqueduc de même dimension, dont le sol ou radier baisserait de 0m 70 après les roues hydrauliques, et dont la pente serait de 1m 50 sur une longueur de 750 mètres; et ensuite, hors des murs et jusqu'au-dessous du moulin Baylac, par un canal ouvert d'environ 400 mètres avec une pente de 0m 50.

Certaines modifications furent apportées, dans la suite, à ces dimensions et à ces pentes.

La dépense fut estimée à 150.000 francs.

Filtres. — Pour clarifier l'eau, on pensa d'abord à la filtration artificielle. Abadie proposait d'entourer les puisards du château-d'eau de cases de maçonnerie renfermant du sable et du gravier.

Cette idée fut soumise à l'Académie des sciences de Toulouse. La commission chargée d'examiner la question fit observer que pour clarifier les eaux de la Garonne lorsqu'elles sont sales il faut leur faire traverser quatre couches de gravier et de sable, de quatre pieds d'épaisseur chacune. Un mètre carré de ces couches superposées ne clarifie que 20 mètres cubes en vingt-quatre heures. Le rapporteur, M. Maguès, concluait que les moyens proposés étaient insuffisants pour filtrer 4.000 mètres cubes d'eau.

La commission entreprit ensuite un certain nombre d'expériences préliminaires afin de se rendre compte de la quantité d'eau que l'on pourrait retirer du banc d'alluvion situé

au-dessous du cours Dillon. M. Chaumont fit construire un fossé de 9 $^1/_2$ pieds de profondeur et de 43 de longueur sur 25 de large dans le fond. L'eau obtenue parut de très bonne qualité. Pour calculer le débit, on épuisait l'eau par une vis d'Archimède et on notait le temps que mettrait l'eau pour s'élever à une certaine hauteur. Dans une première expérience, l'eau de la rivière étant à 0^m48 au-dessus du fond du creux, on obtint 42 pouces ; dans la seconde, la différence de niveau étant de 0^m87, on eut 54 pouces. Dans une troisième expérience, avec une charge de 0^m75, on retira 50 pouces.

De ces expériences on conclut qu'avec une excavation elliptique de 100 pieds de long et de 70 de large et dont le fond serait à trois pieds au-dessous du niveau des basses eaux de la rivière, on pourrait obtenir les 200 pouces d'eau.

On tint compte de ce fait, qu'au moment des expériences le terrain était imprégné d'eau et qu'un épuisement continu changerait les conditions où l'on était placé. Dans le cas d'épuisement continu, en effet, on n'aurait dans le filtre, en un temps donné, que la quantité d'eau qui aurait pu filtrer, durant ce temps, dans le terrain ambiant. L'eau devrait être conduite aux puisards des machines par une conduite en poterie. La dépense était évaluée à 14,500 francs.

La commission prévit le cas où ce filtre naturel, par suite d'un apport constant de matières terreuses par l'eau de filtration, s'encrasserait au point de ne plus pouvoir fonctionner, ou que des fissures du terrain permissent le passage d'eau non filtrée. Dans cette hypothèse elle préconisait l'emploi de filtres artificiels. Elle chargea M. Raynaud de lui présenter des plans et devis d'un filtre de cette nature, qu'on pourrait établir autour du château d'eau et le long du cours Dillon. M. Raynaud réduisit l'emplacement au minimum, à 5 mètres carrés, et estima la dépense à 500 francs par pouce d'eau filtrée. On pourrait ainsi proportionner le volume du filtre aux besoins de la ville. Le rapport fut pré-

senté au Conseil municipal par d'Aubuisson, dans la séance du 12 août 1820. La dépense était évaluée à 300,000 francs environ.

SECTION II

DISCUSSION DU PROJET DE LA COMMISSION DES FONTAINES AU CONSEIL MUNICIPAL.

Le projet présenté au Conseil municipal par la commission des fontaines, fut l'objet de vives critiques dans le sein de cette assemblée. Les idées les plus variées y furent émises et des projets les plus divers y furent présentés. Il fallut que le maire, le baron de Bellegarde, usât de sa voix prépondérante pour faire adopter le projet. Suivant la marche administrative, ce projet fut soumis à l'approbation de l'autorité ministérielle qui fut accordée le 26 juin 1821.

Le conseil général des ponts et chaussées, sur le rapport de M. de Prony, premier inspecteur général des ponts et chaussées, formula un certain nombre d'observations critiques. M. de Prony proposait de substituer aux roues à aubes proprement dites qui ne donnent pas plus de 20 à 25 °/₀ d'effet utile, des roues dites de côté, dans lesquelles l'eau est prise un peu au-dessous de l'axe et dont le rendement est d'environ 60 °/₀.

Grâce à cette disposition, on put économiser 2^{cc} $^1/_2$ d'eau à la seconde, ce qui permit de réduire les dimensions du canal de fuite de 2^m30 à 2^m et de diminuer la pente d'un quart.

.Une deuxième objection portait sur la répartition des 5^m47 de chute en deux parts : une première chute de 1^m82 agissant sur les roues et une deuxième immédiatement ménagée après les roues.

En adoptant le nouveau système, on put établir les roues

à 2m20 au-dessus du niveau des basses eaux de la rivière. Descendre plus bas, c'eût été s'exposer à des engorgements fréquents lors des crues ordinaires de la Garonne.

Le rapport se terminait par d'autres critiques de détail sur la transmission des mouvements que l'on avait simplifiée à dessein, en vue de rendre plus facile le maniement des machines. Le dédoublement du tuyau déversant l'eau filtrée dans la cuvette terminale du château-d'eau était également critiqué, à cause de la perte de force vive qui en résultait. Mais Abadie avait négligé ce point théorique pour assurer l'indépendance des deux machines, ce qui était d'un très grand avantage pour la continuité du service pendant les réparations de l'une d'elles.

Une ordonnance royale du 4 juillet 1821 autorisa l'administration municipale à pourvoir à l'exécution des travaux dont les plans et devis étaient approuvés. Les plans relatifs aux canaux d'amenée et de fuite au château-d'eau et aux filtres avaient été approuvés le 4 juin par décision ministérielle.

SECTION III

EXÉCUTION DU PROJET APPROUVÉ

Creusement du canal de fuite. — Il ne fallut pas moins de deux ans à M. Endel pour achever le canal de fuite, le canal d'amenée et la prise d'eau. Le montant des travaux s'élevait à 169.753 fr., savoir :

Paiements faits aux entrepreneurs..	144.894 fr.
Perte faite par la ville............	14,120 —
Achats de terrain................	9.766 —
Petits travaux par régie...........	973 —
TOTAL.......	169.753 fr.

Garonomètres. — On établit enfin plusieurs échelles ou garonomètres pour connaître les divers niveaux de la rivière. La première échelle fut placée sur la pile du pont qui est en face de la prise d'eau. Le point 0 est au même niveau que celui de l'échelle posée à l'entrée du canal Saint-Pierre, à $16^{m}13$ au-dessous du niveau de la place Rouaix et à $129^{m}90$ au-dessus du niveau de la mer. D'après d'Aubuisson, le niveau moyen du fleuve est à $2^{m}30$ de l'échelle ; généralement les eaux ne s'écartent pas de deux pieds en-dessous de ce terme moyen, mais elles peuvent s'élever à une assez grande hauteur au-dessus. Lors de l'inondation de 1827 elles s'élevèrent jusqu'à douze pieds.

Nous donnons ci-contre les niveaux du fleuve, d'après les observations de la hauteur de chaque mois, faites depuis le 1er mai 1822, jusqu'au 31 décembre 1829.

Janvier..................	2^{m}	19
Février..................	2	19
Mars..................	2	27
Avril..................	2	44
Mai..................	2	46
Juin..................	2	64
Juillet..................	2	28
Août..................	2	12
Septembre..............	2	08
Octobre................	2	19
Novembre..............	2	17
Décembre..............	2	18

Pour l'établissement des fontaines on se basa sur le niveau le plus bas, c'est-à-dire $1^{m}80$.

On plaça une deuxième échelle au niveau du pont dans l'intérieur du château-d'eau et une troisième à l'extrémité du canal de fuite à $3^{m}57$ plus bas que les deux autres.

CHATEAU-D'EAU (1)

Pendant le creusement du canal de fuite, le château-d'eau fut mis en adjudication. D'Aubuisson s'exprime ainsi en parlant de cette construction ; « Cet édifice a été l'objet de beaucoup de critiques : la plupart me paraissent injustes, surtout lorsqu'on admet la *convenance* pour première règle en architecture. Le soubassement devait renfermer les deux machines et il les renferme dans le moindre espace possible : l'intérieur en est remarquable par la beauté des construction ; et l'extérieur, on ne peut en disconvenir, est d'un très bon style et d'un bel effet. Le diamètre de la tour qui le surmonte était fixé par la disposition des machines et sa hauteur était déterminée par l'élévation à laquelle il fallait porter les eaux ; ces dimensions ne pouvaient être autres. L'on a fortement attaqué les espèces de pilastres ou parties longitudinales en saillie qui sont sur sa surface latérale ; il me semble cependant qu'elles interrompent la monotomie d'une face par trop égale et que, semblables à de petits contre-forts, elles présentent un aspect de solidité qui satisfait l'œil comme l'esprit. Je ne dirai rien au sujet des remarques faites sur la corniche et sur la tourelle qui est dans le haut. Je me bornerai à observer qu'une tourelle était nécessaire pour couvrir l'escalier qui mène à la plate-forme supérieure et qu'il était convenable de se ménager cette plate-forme. En un mot, lorsque je compare ce château-d'eau à celui du Gros-Cailloux, à Paris, édifice qui a une même destination et qui est du même genre, il m'est impossible de ne pas trouver le nôtre beaucoup mieux et même de ne pas le trouver bien ; de ne pas conclure qu'il fait honneur au talent de M. Raynaud,

(1) Ce château-d'eau, dont on a transformé les machines, sert encore à élever les eaux de la prairie des filtres.

comme architecte et à l'habileté de M. Maurel, comme entrepreneur.

» S'il m'était permis une critique, elle aurait pour objet la porte qui est sur le cours Dillon ; elle me paraît beaucoup trop lourde; ne menant que sur une petite galerie découverte, ce ne devait être, il me semble, qu'une simple grille placée entre deux pilliers analogues à ceux qui retiennent le garde-fou en fer de la galerie. L'inscription en l'honneur de M. Lagane, qui est en lettres d'or, sur un marbre blanc, dans le fronton de cette porte, eût été mieux sur un marbre noir placé au-dessus de l'entrée principale du Château. M. Raynaud connaît ces défauts, et il les eût évité si, dans l'origine, on eût voulu donner à l'inscription la disposition que nous venons d'indiquer ». (*Mémoire* de d'Aubuisson, p. 242.)

Les dépenses sont ainsi réparties :

Château-d'Eau proprement dit......	85.900 fr.
Arceau avec la galerie et la porte....	5.755
Soutien de la machine.............	9.081
TOTAL..........	100.736 fr.

Les machines d'Abadie. — Abadie, tenant compte des critiques qui avaient été adressées à ses machines, présenta de nouveaux plans qu'il fit exécuter sous sa direction. Le prix en était de 74,733 francs.

Le 25 mai 1825, une des machines fut prête à fonctionner ; la canalisation n'étant pas encore terminée, il fut décidé que les eaux seraient versées des fenêtres du château. « C'était, nous raconte d'Aubuisson, un jour de fête, le sacre de Charles X ; les habitants coururent en foule pour jouir d'un spectacle aussi nouveau qu'inattendu; ils avaient peine à en croire leurs yeux ; quoique depuis plus de trois ans, ils fussent témoins des grands travaux qui se faisaient

pour les fontaines publiques, l'incrédulité était générale; ils ne pouvaient se persuader que, dans peu, ils allaient voir les eaux de la Garonne jaillir, et à de grandes hauteurs, sur nos places. Les hommes instruits eux-mêmes, ceux que l'intérêt pour l'établissement des fontaines conduisirent au Château, y furent frappés d'un spectacle non moins remarquable; ils virent une énorme machine, au moment même où elle venait d'être terminée, mise en mouvement sous les yeux du public, marcher de suite et avec majesté, comme exercée depuis longtemps à un pareil travail, sans faire entendre le moindre craquement, le moindre bruit. Tous payèrent à son auteur un juste tribut d'éloges ». (*Mémoire* de d'Aubuisson, p. 245.)

La dépense s'éleva à 89,047 francs pour les machines, et à 3,000 francs pour l'appareil de jauge.

Depuis que ces machines ont été mises en mouvement, elles ont fonctionné d'une manière régulière et continue, sous la seule surveillance d'un concierge. Elles servent encore à refouler les eaux de la prairie au nouveau château-d'eau. A cet effet, on les a transformées en pompes nourricières des machines de la nouvelle usine.

LES FILTRES DE D'AUBUISSON

Il avait été décidé par la Commission des fontaines, nous l'avons vu précédemment, que l'on recueillerait, pour les distribuer, les eaux d'infiltration du banc d'alluvion déposé par la rivière au bas du cours Dillon. Ce dépôt est composé essentiellement de graviers et de sables entremêlés de cailloux roulés et, sur certains points, d'un limon vaseux.

Premier filtre. — D'Aubuisson, en établissant son premier filtre, voulut tout d'abord avoir des données précises sur la quantité et la qualité de l'eau qu'on se proposait d'obtenir. Il fit creuser, à 50 mètres du fleuve, un fossé

elliptique, suivant les dimensions projetées, et à un mètre au-dessous des très basses eaux de la rivière, c'est-à-dire à 3 mètres de profondeur. Ce fossé unissait la prise d'eau à un bassin où se collectaient les produits de filtration. La quantité d'eau obtenue ne dépassa pas 1.200 mètres cubes en moyenne. « D'ailleurs, cette eau était limpide, quelque fût l'état de la rivière. » Le premier résultat étant satisfaisant, on amena ces eaux aux puisards des machines par des conduites souterraines en fonte, de 0m305 de diamètre. (Voir fig. 3.)

Pour augmenter le débit, on donna à l'excavation une longueur de 108 mètres sur une largeur moyenne de 10 mètres au fond ; elle développait ainsi une superficie de 1.000 mètres carrés. Malgré l'augmentation considérable des dimensions du filtre qui présentait une étendue quatre fois plus grande, on n'obtint que 1.850 mètres cubes environ. On défendit cet ouvrage contre les inondations par une digue de 3m60 de hauteur.

Ce filtre donna tout d'abord une eau de bonne qualité. « Mais, dès la seconde année, nous raconte d'Aubuisson, une végétation de plantes aquatiques commença à s'y établir et à altérer la qualité de ses produits. L'année suivante, le mal empira : les rayons du soleil, traversant sans obstacle une couche d'eau mince et parfaitement transparente, atteignaient le fond dans toute leur intensité, ils y développaient une forte chaleur, laquelle était encore augmentée par l'effet de la réverbération des bords et des digues. Par suite, la végétation y acquit une vigueur extrême ; les divers moyens pour la détruire furent sans effets ; des reptiles s'y joignirent ; et ces plantes, ces animaux, en mourant et se putréfiant dans une eau tiède, la rendaient très mauvaise. » (*Mémoire* de d'Aubuisson, p. 250.)

L'exposition de l'eau, à l'air et à la lumière, parut être la cause du mal. On nettoya le filtre, et après avoir établi dans sa longueur un petit acqueduc en briques sèches, on combla

le bassin avec des gros cailloux bien lavés, jusqu'à la hauteur des moyennes eaux de la rivière. Sur cette première couche on en superposa une deuxième de cailloux plus petits, puis une troisième couche de graviers. On remblaya avec les matériaux des digues et le tout fut recouvert de gazon. Un regard, pratiqué à l'extrémité du filtre, donnait accès dans la partie où la conduite en fonte vient prendre les eaux pour les mener aux puisards des machines.

Grâce à cette nouvelle disposition, comme d'Aubuisson le fait observer, « la qualité des eaux s'est non seulement rétablie, mais encore améliorée, la limpidité et la saveur en sont parfaites. Dans le fort de l'été, alors que presque toutes les eaux de nos contrées ont une odeur ou un goût plus ou moins sensible, celle-ci a toujours été trouvée, par ceux qui sont descendus dans le regard, vive, bonne et fraîche comme de l'eau de montagne. Coulant et séjournant quelque temps à douze pieds sous terre et à cent vingt de la rivière, elle prend une température qui ne varie qu'entre des limites assez rapprochées ; dans l'été elle n'a pas porté le thermomètre au-dessus de 17° ; et, dans le long et rigoureux hiver de 1830, après vint-cinq jours de forte gelée, et le gel ayant pénétré a plus de trois pieds au-dessous de la superficie du terrain qui la recouvre, elle n'a fait descendre le thermomètre qu'à 8°, avantage précieux ; fraîche en été, elle présente une boisson agréable à sa sortie des fontaines ; chaude en hiver, elle garantit nos conduits des effets de la gelée. » (*Mémoire* de d'Aubuisson, p. 252.)

Les dépenses exigées par les divers travaux effectués pour le filtre et les accessoires s'élevèrent à 44.672 francs.

Pour renforcer le premier filtre, d'Aubuisson fit creuser, en aval de ce dernier et à 10 mètres de la rivière, onze puits de 3 à 4 pieds de profondeur et réunis par leur base au moyen de conduites en fonte (Voir fig. 3). Les eaux ainsi recueillies étaient mélangées à celles du premier filtre. Les résultats furent loin d'être satisfaisants ; on n'obtint, en

effet, que 1,200 à 1,600 mètres cubes d'une eau de mauvaise qualité. Ces puits étaient creusés dans un terrain vaseux qui communiquait à l'eau un goût désagréable. Très chaude en été, époque où la température s'élevait jusqu'à 26°, cette eau n'avait pas plus de 2° en hiver ; grâce à cette haute température, des algues se développèrent dans les puits. Ces algues, d'après M. Magnes, appartenaient à la famille des Conferves.

L'établissement d'un troisième filtre, basé sur le même principe que le premier, fut alors décidé. On construisit, à 80 mètres en amont de la première excavation, une galerie parallèle à la berge, à 1 mètre au-dessous de l'étiage et à 3^{m}60 au-dessous de la surface du sol. Cette galerie mesurait 250 mètres de long sur 0^{m}60 de large et 0^{m}90 de hauteur ; elle était entourée de cailloux et de graviers et complètement recouverte par de la terre semée de gazon (Voir fig. 3). Les eaux étaient amenées aux puisards par un aqueduc maçonné qui rendait ce filtre indépendant des deux autres. Les aqueducs de chaque filtre aboutissaient dans des cales distinctes, mais qui pouvaient êtres mises en communication au moyen de vannes. On pouvait aussi faire écouler les eaux d'un filtre dans la conduite du filtre voisin, ce qui permettait, pendant les réparations, la continuité du service. Enfin, par une disposition due à MM. Castel et de Rességuier, on pouvait jeter les eaux directement dans le canal de fuite, dans le cas où elles viendraient à être troublées par un travail de recurement ou autre.

Toulouse fut ainsi dotée d'une eau d'excellente qualité. Cette eau, élevée par les machines à 25 mètres de hauteur, dans la cuve du sommet de la tour, était distribuée aux fontaines publiques et aux concessions particulières.

DISTRIBUTION DES EAUX DANS LA VILLE

Le plan de la canalisation de la ville a été exécuté par d'Aubuisson.

L'eau était destinée à des usages divers; elle devait être employée aux usages domestiques et au service public comprenant le nettoyage des rues et l'ornementation de la ville. La plus grande partie fut affectée au service public ; 3,600 mètres cubes sur les 4,000 mètres cubes fournis par les filtres furent distribués à quinze fontaines monumentales et soixante-onze borne-fontaines ; le reste fut réservé aux hospices, aux casernes et aux concessions particulières. On établit quatre grands abreuvoirs aux extrémités de la ville : à la place Arnaud-Bernard et aux faubourgs : Saint-Cyprien, Saint-Michel et Saint-Etienne. Les bouches d'eau furent placées sur les points culminants afin de permettre le nettoyage des rues ; elles étaient au nombre de quatre-vingt-onze, de manière que les maisons les plus éloignées des bouches d'eau n'en fussent pas distantes de plus de 200 mètres en moyennne. La ville n'ayant pas de pente générale on donna aux rues des pentes et contre-pentes suffisantes pour l'écoulement des eaux dans les égoûts. La configuration du sol ne permit pas de distribuer les bouches d'eau d'une manière uniforme. La place Rouaix et les Quatre-Coins des Changes, qui sont les points culminants de la ville, ont une forme de plateau sur les pentes desquels divergent de nombreuses rues. On fut donc obligé, pour la facilité du nettoyage de ces rues, d'accumuler les bouches d'eau sur les bords même des plateaux.

La ville fut d'abord nivelée et toutes les cotes rapportées à celle de la place Rouaix, point culminant de la ville.

L'eau des filtres de d'Aubuisson était refoulée dans deux conduites indépendantes pour être distribuées dans la ville. Ces deux conduites étaient placées dans une galerie souterraine et posées sur des consoles. Elles se rendaient place de la Trinité dans une même cuve de distribution formée par un tambour en fonte de 1 mètre de diamètre. De ce point de partage, deux nouvelles conduites menaient les eaux dans deux sens opposés, perpendiculairement à la di-

rection primitive, à deux nouvelles cuves de distribution : l'une, place Bourbon (actuellement place des Carmes), l'autre, place Royale (actuellement place du Capitole). Ces doubles conduites étaient enfermées dans des galeries souterraines. Des robinets de décharge permettaient d'écouler l'eau des conduites dans la galerie. Un aqueduc de vidange les déversaient dans un égoût. Sur ces grosses conduites doubles s'embranchaient des conduites simples distribuant l'eau aux divers points de la ville.

FONTAINES MONUMENTALES.

On établit des fontaines monumentales sur les principales places de la ville et une gerbe d'eau jaillissante au Boulingrin (Grand-Rond).

Fontaine de la Trinité. — Les plans de cette fontaine, qui existe encore, furent mis au concours en 1823. On adopta ceux de M. Vitry.

La fontaine se compose d'un bassin supporté par trois marches circulaires en pierre de taille Au milieu du bassin un double socle triangulaire en marbre blanc, dont les pans coupés sont ornés de têtes de lion en bronze, porte trois sirènes en bronze soutenant une coupe en marbre blanc. Cette coupe reçoit les eaux qui jaillissent en son milieu en forme de gerbe. Une partie de l'eau de la coupe se déverse en nappe dans le bassin inférieur, une autre partie s'écoule par les têtes de lion, et celle qui est destiné à la consommation se rend de la vasque à trois borne fontaines placées au bas des marches.

« Les figures portant des ailes déployées représentent, dans le haut, de jeunes femmes, et elles se terminent par des enroulements qui vont s'appuyer contre le balustre : les têtes offrent l'image d'une vraie beauté grecque, les bustes légèrement voilés sont d'une grande délicatesse, et les rin-

ceaux ou feuillages qui en recouvrent les parties inférieures et qui s'étendent sur le balustre, sont aussi riches qu'élégants ; cet ouvrage est digne de son hauteur, du célèbre sculpteur Romagnesi. Les marbres extraits des carrières de Saint-Béat, dans notre département, ont été fournis et travaillés par M. Lagerle-Capel.

» Ce monument, encore remarquable par une très juste proportion entre ses diverses parties, convient parfaitement, sous le rapport de la grandeur et de sa forme, au local sur lequel il est établi, à une petite place triangulaire ». (*Mémoire* de d'Aubuisson, p. 318.)

Le prix de cette fontaine ne dépassa pas 13,055 francs.

Fontaine de la place Bourbon. — Cette place (aujourd'hui place des Carmes), par son étendue, permettait l'établissement d'une belle fontaine monumentale. On décida d'y consacrer une somme de cinquante mille francs.

Un projet grandiose de M. Tierri, de Paris, d'abord adopté, ne fut pas exécuté à cause de la trop grande quantité d'eau qu'il exigeait ; on se contenta de creuser un bassin recevant le produit d'une belle gerbe d'eau. Ce bassin a été enlevé lorsqu'on a construit le marché couvert actuel.

Fontaine de Saint-George. — Cette fontaine était due aux plans de M. Vitry. Elle se composait d'un bassin circulaire au milieu duquel s'élevait une colonne en fonte, cannelée, portée sur un piédestal revêtu en marbre blanc, et surmontée d'une renommée en bronze. Aux quatre angles du piédestal un griffon ailé versait l'eau dans le bassin. Cette fontaine a été enlevée.

Les bornes de la place Royale. — La place Royale, actuellement place du Capitole, ne pouvait avoir une fontaine en son centre, afin de la laisser libre pour les fêtes publi-

ques et les revues des troupes. On disposa, aux quatre coins de la place, quatre grosses bornes exécutées sur les plans de M. Raynaud.

Chaque borne était formée d'un socle en marbre portant un candélabre en fonte. Ces bornes ont été enlevées lorsque le niveau de la place a été abaissé.

Fontaine de la place Rouaix. — Cette fontaine est encore due à M. Raynaud. Elle consiste en un bassin circulaire ou milieu duquel s'élève une colonne quadrangulaire surmontée d'un double fronton en marbre blanc supportée par un socle. Sur deux faces du socle des mascarons en bronze versent l'eau dans le bassin. Cette fontaine orne encore la place Rouaix.

Gerbe d'eau du Boulingrin. — Cette gerbe d'eau jaillissante a été faite sur le modèle de celle du Palais-Royal à Paris. Elle présente la même disposition et le même nombre d'orifices; la hauteur du jet est moindre, le produit en est reçu dans un bassin creusé dans le sol

Ces eaux jaillirent la première fois, en présence de la duchesse de Berri, à l'occasion d'une fête donnée en 1828.

Toute la canalisation, y compris les fontaines et les borne-fontaines, coûtèrent à la ville la somme de 1,112,533 francs. La quantité d'eau élevée à une hauteur de $23^{m}70$ était de 4,000 mètres cubes par 24 heures. Le mètre cube d'eau revenait à 1 centime 3/4.

CONCESSIONS D'EAU.

Après le service public, on organisa le service particulier. Pour établir le prix de la concession d'eau, on se basa sur celui de l'eau filtrée vendue aux habitants par les entreprises particulières. Les cruches, d'une contenance de dix-

huit litres, se payaient cinq centimes. On réduisit « ce prix à la plus petite valeur admise dans notre système monétaire, à un centime ; c'est-à-dire en employant les mesures légales 5 1/2 centimes l'hectolitre, ou vingt francs par an pour un hectolitre reçu chaque jour ». (*Mémoire* de d'Aubuisson, p. 306.) Ce prix de vingt francs était le même quelle que fut la quantité d'eau employée.

Pour les industries employant une assez grande quantité d'eau, pas moindre de quinze hectolitres, on abaissa le taux que l'on fixa à dix francs. L'eau, dans ce cas, n'était donnée que la nuit et ces concessions étaient dites *concessions de nuit*. Grâce à cette précaution, elles ne nuisaient nullement aux intérêts du public.

On établit aussi des *concessions mensuelles* pour certains établissements dont la grande consommation n'était que passagère, d'au moins cinquante hectolitres pendant quelques mois de l'année seulement, tels que les bains publics. Ces concessions étaient de un franc par mois pour chaque hectolitre. L'eau n'était donnée que pendant la nuit.

Les concessions ordinaires, à l'exception des concessions mensuelles, étaient de six ans, et l'eau était donnée par écoulement continu.

Telle fut l'œuvre de d'Aubuisson. Pendant trente ans, cette distribution d'eau, remarquable pour l'époque, assura d'une manière très satisfaisante l'alimentation de la ville.

TROISIÈME PARTIE

DISTRIBUTION ACTUELLE

CHAPITRE PREMIER

Description des filtres actuels et de la canalisation.

Trente années ne s'étaient pas écoulées, que la belle distribution d'Abadie et de d'Aubuisson était devenue insuffisante. La population avait plus que doublé et la ville s'était considérablement agrandie. Il fallut songer à se procurer de nouvelles ressources en eau potable. M. Campaigno, alors maire de Toulouse, présenta au Conseil municipal, dans la séance du 14 mars 1859, un projet de distribution d'eau dû à M. Guibal, ingénieur de la ville. Dans ce projet, 20,000 mètres cubes d'eau empruntés au banc d'alluvions où d'Aubuisson avait construit ses filtres, devaient être élevés par un nouveau système hydraulique à 16 mètres au-dessus du niveau du sol de la place Rouaix. On était loin des 4,000 mètres cubes élevés à 8 mètres de hauteur dans l'ancien château-d'eau. Ce projet ne devait coûter à la ville que 1.060.000 francs. Le maire nomma une commission (1) le 24 novembre 1856,

(1) Cette commission se composait de MM. Ramel, conseiller municipal, président ; Petit, directeur de l'Observatoire, conseiller municipal ; Ras-

avec mandat « de rechercher les moyens d'opérer une nouvelle distribution d'eau dans la ville de Toulouse et de s'éclairer dans cette étude par les expériences ou les essais préparatoires qu'elle croirait devoir proposer. »

Travaux de la Commission de 1859. — La Commission commença par dresser l'inventaire en eau potable des bancs d'alluvions les plus proches, déposés par le fleuve. Elle pratiqua une série de sondages dans : 1° l'île du ramier du Bazacle ; 2° près du Port-Garaud, sur la rive droite de la Garonne ; 3° dans l'île du ramier du moulin du Château ; 4° enfin, dans la Prairie des Filtres.

1° Dans l'île du ramier du Bazacle, on n'obtint que des ressources insuffisantes et une eau de mauvaise qualité. Le degré hydrotimétrique, en effet, s'élevait à 10. Le résidu à 100° donnait 0gr 230 par litre. Cette eau était inférieure à celle de la Garonne, dont le degré hydrotimétrique ne dépasse pas 5 à 6° et dont le résidu ne s'élève jamais à plus de 0gr 190.

2° Au Port-Garaud, à 3m30 de profondeur, dans des couches de sable fin et vaseux, on retira une eau abondante de qualité médiocre ; son degré hydrotimétrique était en effet de 6°70 et son résidu de 0gr 190 par litre.

3° Dans l'île du ramier du moulin du Château, on creusa, à 40 ou 50 mètres environ de la rivière, 14 puits en amont et en aval de la chaussée Vivent. L'eau obtenue était abondante, limpide, d'une conposition à peu près semblable à celle de la Garonne. Mais ce point présentait de nombreux inconvénients ; la force motrice était insuffisante, le barrage peu stable, la conduite d'eau filtrée devait être

paud, conseiller municipal ; Berdoulat, ingénieur en retraite ; De Raynal, ingénieur en chef du service hydraulique ; Filhol, professeur de chimie à la Faculté des sciences, conseiller municipal ; Vitry, architecte ; Brassine, professeur de sciences appliquées à l'Ecole impériale d'artillerie ; Guibal, ingénieur de la ville.

incrustrée dans le lit de la rivière ; enfin, on aurait eu une forte indemnité à payer au propriétaire. Pour ces motifs, on ne s'arrêta pas à ce point, pas plus qu'aux deux autres.

4° On en revint alors au projet de Guibal. Il fallait

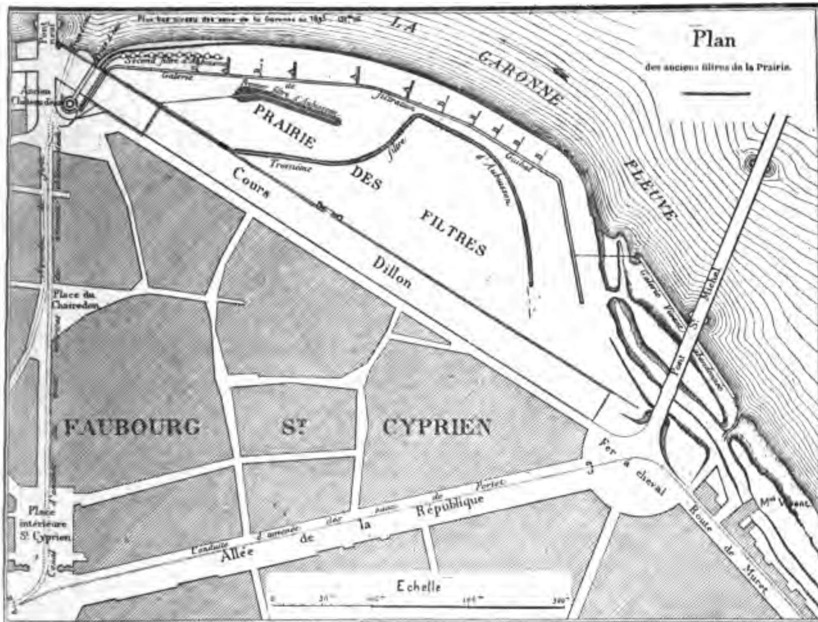


FIG. 3. — **Plan des anciens filtres de la prairie.**

Les trois filtres de d'Aubuisson n'existent plus. La galerie de filtration Guibal assure encore, concurremment avec les galeries et puits de Portet et Braqueville, l'alimentation de Toulouse en eaux potables. Les drains A A sont ceux établis par Guibal ; les drains B B ont été ajoutés par le directeur des travaux de la ville, M. Galinier, en 1891-93, pour augmenter le rendement de la galerie.

d'abord établir si la prairie des Filtres pouvait fournir les 1.600 mètres cubes d'eau qui, avec les 4.000 mètres cubes d'eau existants, devaient compléter les 20.000 mètres cubes d'eau promis. A cet effet, la Commission fit creuser, à dix mètres de la rivière et parallèlement à sa direction, une tranchée de 10 mètres de long sur 1m20 de large. La quantité d'eau fut de 580 mètres cubes en moyenne par 24 heu-

res. Pour avoir les 1,600 mètres cubes d'eau, il fallait donc une tranchée trente fois plus longue. On compara ensuite les analyses chimiques d'échantillons prélevés dans la Garonne, les anciens filtres et la tranchée. M. Filhol fit ces diverses analyses et trouva les résultats suivants :

	EAU DE LA GARONNE	EAU DE LA TRANCHÉE	EAU DES FILTRES
Degré hydrotimétrique.........	5°,40	6°,40	6°,73
Résidu par litre..	0gr 1,643	0gr 1,600	0gr 1,700

M. Filhol déduisit de ces expériences que l'eau de la tranchée était plus pure, un peu plus ferrugineuse et moins calcaire que celle des filtres. Donc, à mesure que la couche filtrante augmente en épaisseur, l'eau abandonne ses sels de fer et se charge de carbonate de chaux. Il en conclut qu'on avait tout avantage à se rapprocher de la rivière.

La Galerie Guibal de la prairie des Filtres.

Les expériences préliminaires terminées, la Commission passa à l'exécution du nouveau filtre.

C'est au cours de ces travaux que l'on releva, pour la première fois, une coupe géologique de la prairie. Il convient d'entrer dans quelques détails à ce sujet.

Étude de la Prairie. — En partant de la surface, on trouve successivement (voir la fig. 4) :

1° Une couche de sable mélangée de vase et d'un peu d'humus ;

2° Une couche de terre végétale avec des débris végétaux ;

3° Une épaisse couche de cailloux roulés, mélangés à du sable plus ou moins grossier et à des couches d'épaisseur variable de vase tourbeuse.

Cette alluvion repose sur la mollasse imperméable qui

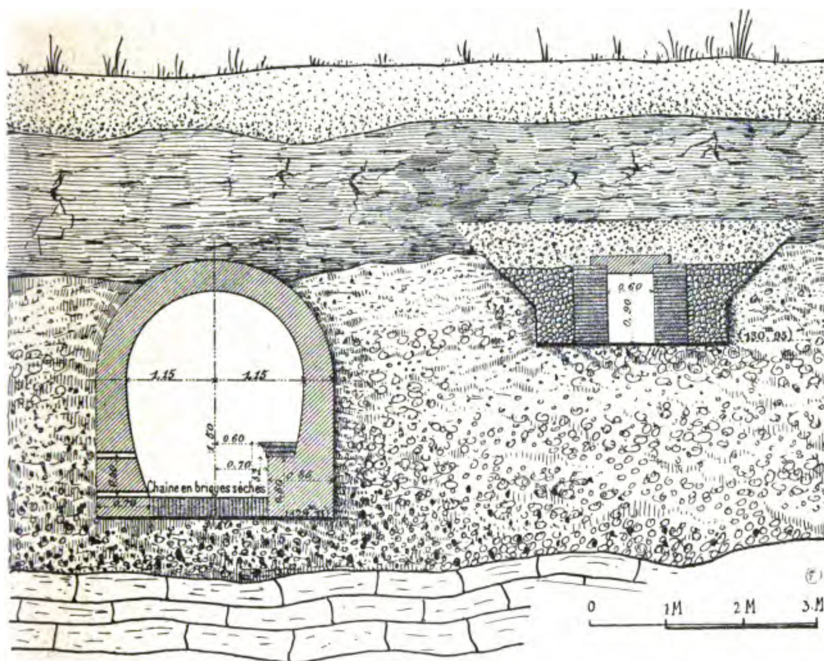


Fig. 4. — **Coupe géologique de la prairie des filtres avec les coupes du troisième filtre de d'Aubuisson et de la galerie Guibal.**

Le troisième filtre de d'Aubuisson, à la côte 130m95, était bien au-dessus du tuf imperméable. La galerie Guibal, à la côte 129m11, est très près du tuf. C'était afin d'augmenter le rendement du filtre que Guibal avait descendu très bas sa galerie et l'avait en même temps rapprochée de la rivière.

présente des ondulations. M. Cantié, surveillant des travaux, trouva dans ces couches des débris d'instruments en fer d'une époque très reculée.

La coupe de ces terrains montre un sol formé d'éléments hétérogènes. Les alluvions qui les constituent n'ont pas été

déposées d'une manière uniforme. Si nous nous reportons, en effet, à un vieux plan de la ville de 1766 (1), nous trouvons trois îlots complètement séparés sur l'emplacement actuel de la Prairie. Ce n'est que par la suite que des dépôts vinrent combler les intervalles et constituer une alluvion réunie à la terre ferme. « Les abords de ces îlots devaient forcément recevoir des dépôts vaseux et mélangés de détritus de toute sorte, ainsi que nous le voyons actuellement sur les rives voisines du fleuve. Des cailloux roulés et des sables recouvrant à leur tour ces dépôts, devaient former une alluvion composée de couches alternantes, vaseuses et caillouteuses. Peu à peu, les intervalles des îlots se sont comblés à mesure que les dépôts se formaient, soit naturellement, soit aussi par la main de l'homme (ainsi que cela est arrivé pour le ramier Vivent), et finalement la prairie des Filtres s'est trouvée formée ». (Dr Garrigou).

Construction de la galerie. — Les données fournies par les expériences servirent de base pour la construction de la nouvelle galerie. On l'établit parallèlement à la rivière, à une distance qui varie de 20 à 38 mètres. Sa longueur, qui devait avoir au moins 300 mètres, fut portée à 324m75. Sa largeur était de 1m50 au plafond. Le radier fut placé à 1m80 en contre-bas de celui des anciens filtres. La galerie commençait en face l'escalier du cours Dillon pour aboutir à un puisard établi à côté de l'ancien Château-d'Eau. Le radier de la galerie était creusé, en certains points, dans la mollasse ; on avait pensé qu'en l'abaissant le plus possible, la charge serait augmentée et le débit porté à son *maximum*. Des tuyaux de poterie, distants les uns des autres de 9m50, et placés dans les pieds droits, permettaient l'accès de l'eau dans la galerie. Au lieu d'établir cette galerie à

(1) Ces données, ainsi que le vieux plan de Toulouse, ont été empruntés à l'étude de M. le docteur Garrigou sur les Filtres et sur l'Eau des fontaines de Toulouse (1873).

sec, par la simple superposition de briques, sans interposition de mortier, comme l'avait fait d'Aubuisson, on construisit une voûte en béton qui ne recevait l'eau que par quelques drains. Voici, d'ailleurs, dans quelles conditions furent exécutés ces travaux :

« La galerie, rapporte M. Cantié, surveillant des travaux, faite tout d'un bloc et béton, est supportée directement, dans presque tous les points, par la marne tertiaire *imperméable.* Dans l'épaisseur des parois de la maçonnerie, on avait ménagé des drains communiquant d'un côté avec les cailloux roulés du dehors, de l'autre avec l'intérieur de la galerie. Ces drains étaient distribués à diverses hauteurs. Il n'y avait qu'eux qui pouvaient fournir de l'eau à la galerie. De sorte que si les infiltrations n'avaient pu atteindre que les drains les plus inférieurs sans arriver au niveau des supérieurs, la couche d'eau fournie par ces filtres aurait été réduite à un volume tout à fait insuffisant. C'est, en effet, ce qui se serait produit si un heureux hasard n'était venu porter remède à cette déplorable combinaison.

« En effet, lorsqu'on a eu préparé la tranchée au fond de laquelle le béton devait être coulé, les pompes qui montaient l'eau laissant toujours à désirer dans leur fonctionnement, on ne mettait jamais complètement à sec le fond de cette tranchée. Il en est résulté que presque toujours nous avons coulé le premier béton sur une lame d'eau de $0^{m}15$ à $0^{m}20$ centimètres d'épaisseur, et quelquefois même cette côte d'eau était dépassée. Aussi, malgré toutes les minutieuses précautions que nous avons pu prendre pour faire le coulage, il est arrivé que nous n'avons jamais pu empêcher le lavage du béton immergé. Celui-ci, détruit sur certains points, laissait à sa place une épaisse couche de graviers incomplètement reliés entre eux et tenant encore au reste des pieds-droits, et les drains sont devenus inutiles. La galerie a été ainsi alimentée depuis le temps qu'elle a fonctionné. »

Le filtre établi, la Commission voulut en connaître le dé-

bit. Pour cela, on épuisa l'eau de la galerie par 18 corps de pompes que faisaient mouvoir trois locomobiles ; cette eau était écoulée soit dans la Garonne, soit dans les puisards du château-d'eau. Le résultat de ces expériences fut l'assèchement du premier filtre de d'Aubuisson et une diminution dans le débit du troisième. Ce dernier, dont le produit était de 2,400 mètres cubes ne donna plus que 700 mètres cubes. Le nouveau filtre étant à un niveau plus bas avait donc aspiré l'eau des anciens filtres. Le débit ne fut nullement en rapport avec ses dimensions. Il ne fournit, en effet, que 8,220 mètres cubes à 6,820 mètres cubes pour des différences de niveau du fleuve variant de 2^{m}32 à 1^{m}83 au garonomètre du Pont-Neuf, pendant le mois de janvier 1862. A la fin décembre 1861, à la suite d'un abaissement considérable du niveau du fleuve (1^{m}36 au garonomètre du Pont-Neuf), le débit tomba à 5,480 mètres cubes. Il faut tenir compte de ce que sur les 324^{m}75 de galerie, 264 seulement étaient en bon terrain filtrant. On décida de prolonger de 200 mètres environ la galerie Guibal jusqu'au canal de fuite du moulin Vivent et de creuser au-delà de ce canal, dans une petite presqu'île, une nouvelle galerie de 170 mètres de long. Ces divers travaux ne furent terminés qu'en 1871. Ils eurent pour effet d'assécher complètement le troisième filtre d'Aubuisson. Le débit total des filtres pendant la période des hautes eaux de 1870 fut porté à 9,260 mètres cubes d'après le rapport d'une commission spéciale (1). Mais l'année suivante, M. Moffre, ingénieur des ponts et chaussées, ne trouvait que 4,800 mètres cubes.

L'eau fournie par l'aqueduc de l'îlot Vivent ayant été reconnue mauvaise, on ferma cette galerie. Pendant la terrible inondation de 1875, elle fut complètement dénudée (le 20 juin), et définitivement abandonnée. Pour préserver les fil-

(1) Cette commission était composée de MM. Brassine, Despeyrous, Cardailhac, Salles, ingénieur en chef des ponts et chaussées, Joulin, ingénieur des poudres. (Séance du conseil municipal du 20 juin 1870.)

tres de la Prairie, la municipalité, en 1891-93, sur l'avis du conseil général des ponts et chaussées, fit établir une ligne d'enrochement en blocs artificiels. A cette même époque, on installa de nouveaux drains pour augmenter le débit des filtres, mais sans grand résultat.

Le nouveau Château-d'Eau (1).

La Commission de 1859, satisfaite des résultats obtenus par l'établissement de la galerie Guibal, adopta les idées de cet ingénieur pour l'achèvement des travaux et engagea l'administration à en poursuivre l'exécution.

Choix d'un système hydraulique. — Il restait à élever les eaux filtrés de la galerie Guibal et à les refouler dans la canalisation. On ne pouvait songer à employer les machines d'Abadie, trop faibles pour élever à 24 mètres de hauteur les 20.000 mètres cubes que l'on se propossait d'obtenir. Le choix d'un nouveau système hydraulique et la construction d'un château-d'eau s'imposait donc. Guibal en basa l'établissement sur des principes complètement différents de ceux auxquels avaient eu recours Abadie et d'Aubuisson et plus en harmonie avec l'état de la science hydraulique de cette époque.

Les exigences étaient devenues difficiles à satisfaire; l'eau devait être distribuée aux étages les plus élevés et sur une surface plus considérable; le périmètre de la ville s'étant accru. Le système hydraulique adopté par l'ancien château-d'eau était donc manifestement insuffisant. On

(1) Expression impropre, mais que nous employons parce qu'elle est consacrée par l'usage. On entend, en effet, par château-d'eau un établissement où l'eau est refoulée dans un réservoir élevé d'où elle s'écoule par le seul effet de la gravité, comme dans l'ancien château-d'eau.

employa des moyens plus puissants. Guibal eut recours au système des réservoirs d'air de refoulement.

Voici en quoi consiste ce système : L'eau refoulée par des pompes dans un espace clos occupé par l'air à une tension proportionnelle à l'effet cherché, comprime l'air emmagasiné dans cette capacité. L'air comprimé réagit à son tour sur le liquide et en chasse un volume égal à la cylindrée introduite. Dans un tel système, la réaction sur l'eau d'un volume d'air comprimé remplace le poids de la colonne d'eau qui, à l'ancien château-d'eau, maintenait constamment en charge l'eau de la canalisation. La pression de l'air ne reconnaissant pour limites que la résistance des parois des récipients, la puissance de l'effet est presque illimitée. On peut, par ce moyen aussi efficace que peu dispendieux, élever l'eau à des hauteurs considérables. Sa supériorité sur l'ancien procédé est donc incontestable. Le premier système, malgré sa simplicité apparente, nécessite des ouvrages d'une hauteur très grande, à cause des pertes de charges dus à l'extension du périmètre à alimenter et est d'une exécution difficile. C'est donc logiquement que Guibal choisit le nouveau procédé.

Choix de l'emplacement du nouveau château-d'eau. — Guibal, dans le choix de l'emplacement du nouveau château, chercha à tirer le meilleur parti possible de la chute de 5^{m}47 dont d'Aubuisson n'avait utilisé qu'une petite partie pour faire mouvoir les machines de l'ancien château-d'eau. Ce résultat pouvait être obtenu par deux moyens différents : on pouvait, comme premier moyen, placer le nouveau château-d'eau à côté de l'ancien, c'est-à-dire près de la prise d'eau. Le canal de fuite, dans ce cas, devait être très profond et très long, le canal d'amenée étant très court. Le deuxième moyen consistait à établir le nouveau château-d'eau au point le plus bas de la rivière, près du point où les eaux motrices

rejoignent la rivière, en aval de Toulouse, sans trop s'éloigner de la ville. Dans ce cas, le canal d'amenée était très long et le canal de fuite très court. De plus, l'eau filtrée, au lieu de traverser directement le Pont-neuf pour se rendre sur la rive droite, comme dans le cas précédent, devait être amenée au nouveau château-d'eau éloigné du Pont-neuf et ramenée ensuite au Pont-neuf pour être déversée dans la canalisation.

Le point le plus bas de la rivière étant à 1.200 mètres en aval du Pont-neuf, cette solution nécessitait une double canalisation de 1.200 mètres de longueur. La première solution semblait la plus avantageuse. Toute la chute était utilisée et les frais de conduite moins onéreux. Mais le canal de fuite devait être creusé à 4 mètres au-dessous du radier du canal d'amenée. Il nécessitait des tranchées de plus de 10 mètres de profondeur, à travers le faubourg de Saint-Cyprien, c'est-à-dire dans un sol de consistance variable. De très graves dangers pouvaient en résulter pour la sécurité publique. Lorsque d'Aubuisson fit construire le canal de fuite de l'ancien château-d'eau, nous savons quelles difficultés il rencontra. La solidité de certaines maisons fut compromise et les habitants obligés de les abandonner. De plus, la grande quantité des déblais augmenta la dépense dans de très fortes proportions. Pour ces raisons, on ne pouvait donc songer a creuser dans le sol du faubourg un canal profond. De deux inconvénients, on choisit le moindre : la première solution fut adoptée. Il fut décidé que les machines seraient placées dans un local situé en aval de Saint-Cyprien, au délà de la chaussée du Bazacle.

Creusement du canal d'amenée des eaux motrices. — Le canal d'amenée dont on avait décidé l'exécution fut percé sous le cours Dillon, à une trentaine de mètres en aval du canal d'amenée de l'ancien château. Le seuil de son radier est à 0^{m}50 au-dessus du zéro de l'échelle du Pont-neuf. La

longueur totale du canal est de 1.200 mètres sur une largeur, au fil de l'eau, de 2m75. La pente est de 0,0006 par mètre. Voûté d'un bout à l'autre, il présente une hauteur sous clef de 3 mètres.

Transformation des machines de l'ancien château-d'eau en pompes nourricières des machines du nouveau château. — Les eaux filtrées de la Prairie devaient être amenées au nouvel établissement hydraulique, éloigné de 1.200 mètres. Guibal, dans un projet primitif, les faisait déverser dans les puisards des pompes d'Abadie, d'où un aqueduc, incrusté dans le canal de fuite de l'ancien château, les conduisait au nouveau pour y être élevées et refoulées : « La galerie de filtration viendra aboutir au pied du mur du cours Dillon, où se trouve une cale avec regard.

» L'eau filtrée, arrivée à ce point, traversera le cours Dillon dans une galerie souterraine et, après avoir alimenté sur son passage les puisards du château-d'eau existant, elle continuera son trajet dans la même galerie jusqu'à la rencontre du canal de fuite de ce château-d'eau.

» A ce point de rencontre, l'eau entrera dans une conduite en fonte, à section carrée, de 0m50 de côté, posée longitudinalement dans l'épaisseur du radier du canal de fuite, et circulera ainsi jusqu'à la rue du Martinet, où elle débouchera dans une nouvelle galerie, qu'elle parcourra librement sur toute la longueur de cette rue jusqu'aux puisards du nouveau château-d'eau. » (*Mémoire* de Guibal, p. 14.)

Par cette disposition Guibal ne touchait pas à l'ancien château-d'eau. Aussi, malgré les difficultés d'exécution d'un tel projet, s'y était-il arrêté pour s'épargner les critiques qu'aurait soulevé toute modification aux pompes d'Abadie. Mais le conseil général des ponts et chaussées, consulté, s'opposa à ce projet sur le rapport de Dupuit : « La communication proposée, de la galerie filtrante avec

la nouvelle usine, présente une foule d'inconvénients sur lesquels il est inutile d'insister ; car il est facile de substituer à la conduite carrée incrustée dans le canal de fuite de l'ancienne usine, à cause de son niveau obligé, une conduite ordinaire placée sous le sol, à un niveau quelconque ou même un petit aqueduc. Il suffira pour cela de convertir le moteur actuel, pouvant élever 5.000 mètres cubes en 24 heures, en un moteur élevant les 20.000 mètres cubes de la galerie à 5 ou 6 mètres si l'on prend le parti d'une conduite forcée ou à 3 ou 4 mètres si on prend le parti d'un écoulement libre dans un aqueduc. » (*Rapport* de Dupuit, du 30 janvier 1860.)

Le Conseil municipal adopta ces conclusions le 9 mars 1860. Les machines d'Abadie furent transformées en pompes nourricières des machines de la nouvelle usine.

Les huit corps de pompes de 0^m20 de diamètre de l'ancien château-d'eau furent remplacés par huit autres corps de pompes de 0^m40 de diamètre et les quatre tuyaux d'aspiration furent remplacés par un tuyau unique. On changea également les quatre bâches en fonte, dans lesquelles se meuvent les clapets de refoulement.

Ces pompes aspiraient par un seul tuyau les eaux de la nouvelle galerie filtrante dans un puisard situé à 2^m92 au-dessous du fond des puisards de d'Aubuisson. Les quatre couples de pompes étaient alimentés par des bâches en fonte de section carrée. Une première bâche avait 0^m60 de côté et elle pouvait alimenter, au moyen de tuyaux de section variant de 0^m50 à 0^m30, les trois autres bâches dont la section diminue aussi proportionnellement. L'eau était élevée par les pompes à une hauteur de 5 mètres au-dessus de la surface de l'eau du puisard et déversée dans un bassin en béton qui faisait le tour de l'ancien château-d'eau. Un aqueduc en béton de 1^m30 de hauteur et 0^m70 de largeur, dout la voûte et le radier sont en plein cintre, conduisait 'eau filtrée à la nouvelle usine. Cet aqueduc suit le canal

d'amenée dont il a la longueur, et est bâti au-dessus de lui et à sa gauche. (Voir fig. 5 A.)

Au nouveau château-d'eau les eaux sont prises par un tuyau en fonte de 0m60 de diamètre et versées dans la bâche centrale.

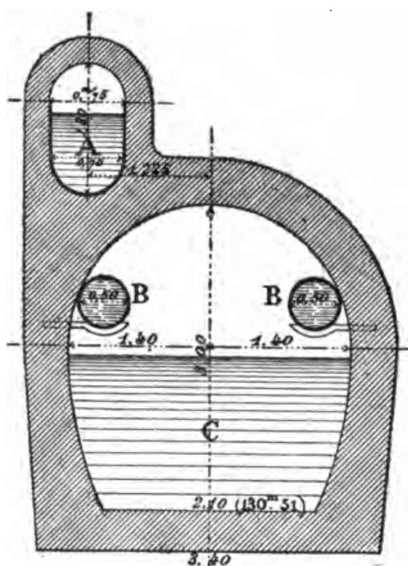


Fig. 5. — **Coupe de la galerie d'amenée des eaux motrices du nouveau château-d'eau pratiquée suivant A B de la fig. 3.**

En A, coupe de la galerie qui conduit au nouveau château-d'eau les eaux filtrées de la Prairie.
En B, conduites de refoulement placées sur des consoles renfermant l'eau filtrée refoulée par les machines du nouveau château-d'eau.
En C, eau motrice des machines du nouveau château-d'eau.

Machines élévatoires du nouveau Château-d'Eau (1). — La nouvelle usine est bâtie sur la rive gauche de la Garonne, à l'extrémité du canal d'amenée des eaux motrices, à une vingtaine de mètres en aval du moulin Abadie.

Le système élévatoire consiste en deux turbines action-

(1) Nous avons trouvé une description de ces machines dans le rapport de M. de Planet. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Toulouse*, 1866.)

nant quatre pompes horizontales Farcot refoulant l'eau dans deux réservoirs d'air de refoulement où elle acquiert la pression nécessaire avant de passer dans la canalisation.

Les deux turbines primitives, d'une force de 60 chevaux, étaient du système Callon ; en 1892 on les a remplacées par des turbines fournies par la maison Schabaver, de Castres. L'axe vertical de chacune de ces turbines porte à son extrémité un pignon conique en fonte muni de 56 dents qui commande une grande roue conique en fonte pourvue de 156 dents en bois. Cette roue est clavetée sur un axe en fer horizontal de 0^m26 de diamètre et de 2^m60 de longueur, porté par deux piliers de 0^m30 de largeur. Les deux extrémités de cet arbre se terminent par une manivelle forgée de la même pièce décrivant en tournant un cercle de 0^m50 de rayon. Cette manivelle donne le mouvement à une bielle qui s'articule avec la tige du piston du corps de pompe horizontal correspondant. Le piston se meut avec une vitesse de 84 centimètres environ par seconde, la course étant de un mètre.

Les corps de pompe horizontaux, d'une longeur égale à la course de un mètre du piston, d'un diamètre de 0^m40, sont à double effet. Chaque corps de pompe pouvant aspirer et élever 116 litres d'eau par coups de piston, soit un peu plus de cinq millions de litres par 24 heures, les quatre pompes auront un produit total de vingt millions de litres en 24 heures.

Ces pompes aspirent l'eau filtrée refoulée par les machines d'Abadie transformées, dans trois bâches en tôle. La bâche centrale mesure 2^m20 de longueur, sur 1^m68 de largeur et 1^m20 de hauteur, soit une capacité de 4.435 litres. Un déversoir permet d'écouler le trop-plein dans le canal d'amenée. Les deux bâches latérales communiquent avec la bâche centrale par deux tuyaux, percés au bas de 0^m40 de diamètre. Chaque bâche latérale, d'une longueur du 2^m45, d'une largeur de 2^m70 et d'une profondeur de 1^m10, a une capacité de 2 mètres cubes environ.

Des deux corps de pompe dépendant de la même turbine, l'un est en communication avec la bâche centrale par un tuyau de 0m40 de diamètre, l'autre avec la bâche latérale correspondante, par un tuyau de mêmes dimensions.

Les pompes peuvent en outre, par un tuyau spécial, aspirer directement l'eau du canal d'amenée et élever l'eau non filtrée de la Garonne.

L'eau aspirée traverse deux réservoirs d'air d'aspiration, l'un placé à l'entrée du corps de pompe, l'autre à la sortie. Ces réservoirs d'air sont destinés à empêcher la production des *coups de bélier* très fréquents dans les pompes à mouvement alternatif. Ils consistent en une cloche cylindrique, hermétiquement fermée et fondue d'une seule pièce. L'air qui se dégage dans les tuyaux s'accumule dans ces cloches et constitue une masse compressible destinée à amortir les chocs et à vaincre l'inertie au moment de la mise en marche. Le réservoir d'entrée a une hauteur de 1m85 et un diamètre de 0m85; le réservoir de sortie mesure 1m40 de haut sur 0m60 de diamètre. Le réservoir de sortie communique par une tubulure munie d'un robinet-vanne avec le réservoir d'air de refoulement. Chaque réservoir d'air de refoulement reçoit le produit du couple de pompes mues par une même turbine. Il est placé entre les deux pompes qui l'alimentent et forme, avec ces dernières et la turbine qui les meut, un tout complet et indépendant.

Le réservoir d'air de refoulement a la forme d'un grand dôme cylindrique en fonte de 4m50 de hauteur et de 1m20 de diamètre intérieur. Ce dôme repose sur un socle en pierre de taille de 1m55 de côté et de 1m50 de hauteur placé lui-même sur un massif de maçonnerie. A la partie supérieure du dôme, l'air est comprimé et exerce sur l'eau une pression calculée d'après la hauteur à laquelle elle doit être élevée dans la ville. L'air de l'atmosphère est envoyé dans le dôme par une pompe aspirante et foulante dont la tige du piston se continue avec la tige du piston de la pompe

foulante. L'air est refoulé dans un tube muni d'un robinet qui permet d'en diminuer la quantité quand la pression est trop forte.

A la base de chaque dôme débouche un gros tuyau de $0^{m}50$ de diamètre. Les tuyaux des deux dômes sont l'origine des conduits de refoulement. Ces dernières, d'une longueur de 1.200 mètres, sont placées sur des consoles en fonte fixées aux parois latérales internes du canal d'amenée des eaux motrices (voir fig. 5 B, B). Le raccordement des conduites de refoulement avec les conduites de la canalisation, s'effectue au Pont-Neuf où les conduites de refoulement s'abouchent avec les conduites placés sous le trottoir de droite du pont.

La pression de l'air dans le dôme doit être suffisante pour refouler l'eau à une hauteur de $22^{m}720$, soit à la hauteur de la côte $162^{m}370$ au-dessus du niveau de la mer.

Ce système élevatoire a donné des résultats très satisfaisants et « les pompes fonctionnent admirablement comme au premier jour. » (Rapport de l'ingénieur de la ville, M. Quintin.)

Machines de secours.

La quantité d'eau filtrée ayant été augmentée, d'une part, et le niveau de la Garonne s'étant abaissé, d'autre part, à la suite de l'ouverture du canal de Saint-Martory, la force motrice devint insuffisante. On dut interdire même aux usines installées depuis 1893 dans le bief du Bazacle, de fonctionner la nuit pour permettre au bief de se remplir. En 1892, la municipalité fut autorisée à installer deux moteurs à vapeur de secours : l'un de 12 chevaux à l'ancien château-d'eau, et l'autre de 60 au nouveau château.

Enfin, en 1891-92, on installa dans une usine située près du nouveau château-d'eau un nouveau matériel élévatoire de secours, consistant en deux machines Corliss ; chacune

comprend : « une chaudière semi-tubulaire, une machine à un cylindre de 60 chevaux, marchant normalement à 30 tours et actionnant directement une pompe Girard, à double effet.

» Les clapets de la première pompe étaient sectionnés en segments étagés et munis de ressorts en caoutchouc ; ils produisaient des chocs qu'il importait de faire disparaître. Nous les avons remplacés par des clapets annulaires Girard, non étagés, munis de ressorts métalliques extérieurs réglables à la main. En outre, nous avons donné aux boîtes à clapets une courbure assez prononcée, de façon à éviter, autant que possible, les chocs brusques de l'eau contre les parois à sortie immédiate des orifices des clapets proprement dits.

» Cette modification permettra de régler la tension des ressorts, d'après le volume de la machine, et facilitera la surveillance des clapets et le remplacement de leur siège. » (Rapport de M. l'ingénieur Quintin).

Filtres de Portet.

La création de nouveaux filtres à Portet fut décidée par la Commission du 31 octobre 1871. Cette Commission avait été chargée de rechercher les causes de l'infection des filtres de la Prairie qui se produisit à cette époque. Ayant conseillé l'abandon de la galerie de l'ilot Vivent, elle chercha de nouvelles ressources et proposa, sur le rapport de l'ingenieur de la ville, M. Roux, la construction d'une galerie filtrante dans l'alluvion de Portet, à une dizaine de kilomètres en amont de la ville.

On ne pouvait faire un meilleur choix. « Car, ainsi que l'a dit M. Roux, les graviers de Portet offrent une superficie exploitable énorme de 1,280 mètres de long sur 200 de large, leur composition est parfaite puisqu'on n'y trouve

que des cailloux de diverses grosseurs et du sable plus ou moins grossier ; ils sont complètement dépourvus de couches de vase tourbeuse, de racines d'arbres et de matières végétales. Ils donnent en abondance une eau d'excellente qualité.

» Tels sont en résumé les avantages réels de l'installation

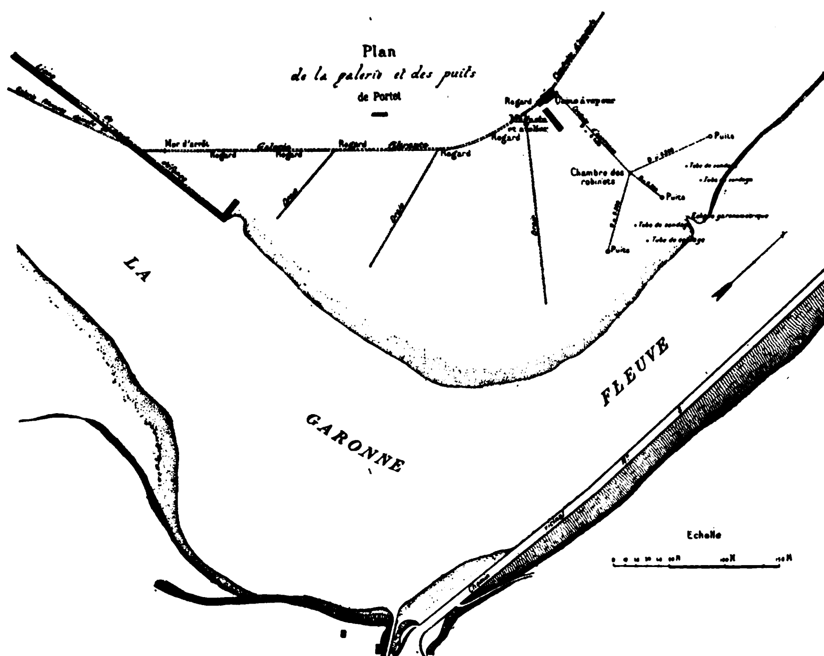


Fig. 6. — **Plan de la galerie et des puits de Portet.**

des filtres à Portet, auxquels il faut joindre celui d'être éloigné de tout grand centre de population capable d'infecter les eaux souterraines. » (*Etude des fontaines de Toulouse*, Dr Garrigou.) (1).

Avant de passer à la description des filtres, il importe de

(1) M. le Dr Garrigou a publié dans les Comptes Rendus de l'Academie des sciences (Institut) une note sur les cailloux de Portet.

connaître la constitution géologique du sol dans lequel ils sont creusés.

Etude géologique de l'alluvion de Portet. — La coupe de la tranchée d'essai (1) montre successivement de la surface vers la profondeur :

1° Une couche très mince de terre végétale avec quelques cailloux roulés ;

2° Une épaisse couche de sable parfois légèrement terreux présentant quelques lentilles de limon ;

3° Une épaisseur de 4 mètres environ de cailloux roulés reposant sur la marne imperméable. Les cailloux les plus superficiels sont peu volumineux. Leur grosseur ne dépasse pas celle du poing ; les cailloux profonds reposant sur le tuf peuvent atteindre un poids considérable. Leur diamètre en moyenne est de 40 centimètres et leur poids de 15 à 20 kilogrammes. Certains même pèsent jusqu'à 50 kilogrammes.

L'ensemble de ces couches représente une épaisseur de 6 mètres environ. Le niveau des infiltrations est à peu près celui de la Garonne.

On peut déduire du volume et de la forme à arêtes émoussées des cailloux de cette alluvion, que leur dépôt a eu lieu vers la fin de la période glaciaire, c'est-à-dire à une époque où les glaciers descendaient presque jusqu'à l'entrée des plaines sous-pyrénéennes. Les cours d'eau résultant de leur fusion entraînèrent les blocs des moraines frontales et les déposèrent, d'après un ordre de grandeur décroissante à mesure que diminuait la vitesse du courant. Les cailloux roulés par le fleuve actuel, comparés aux précédents, n'atteignent même pas le 1/10 du volume de ces derniers. On conçoit donc, que quelque considérable que puisse être une crue, elle sera toujours impuissante à déplacer ces blocs dé-

(1) Ces détails ont été pris dans *l'Etude des fontaines de Toulouse*, de M. le Dr Garrigou.

posés par le fleuve lorsqu'il était encore à l'état de régime torrentiel.

Ces considérations géologiques permettent en outre de se rendre compte de la pureté de ce cailloutis. A l'époque glaciaire, en effet, par suite de l'abaissement de la température, ces cailloux, empruntés aux moraines, étaient dépourvus de végétation ; c'est pourquoi, dans l'analyse chimique des sables du fond de la tranchée, on ne trouve que des traces d'ammoniaque et une perte minime par l'incinération.

D'ailleurs, pour défendre les berges de cette alluvion contre la violence des crues, l'administration municipale en 1891-93, sur l'avis du conseil général des ponts et chaussées, a fait établir une ligne d'enrochements en blocs artificiels.

Description de la galerie filtrante. — La galerie filtrante est formée par une voûte supportée par des pieds-droits construits en briques tubulaires permettant le passage de l'eau. Des drains en assurent en outre l'alimentation. Sa longueur, qui était de 723 mètres avant l'inondation, n'est plus actuellement que de 463 mètres, les 260 mètres manquants ayant été enlevés par les eaux. Un mur d'arrêts épare la partie filtrante de la rivière. La largeur de la galerie est toujours de $0^m,90$; quant à la hauteur, elle ne dépassait pas primitivement $1^m,45$; le radier était à $0^m,80$ au-dessus du tuf, c'est-à-dire à $3^m,75$ au-dessous du sol. La pente jusqu'à Toulouse était suffisante pour permettre à l'eau de s'écouler en vertu de sa gravité.

Abaissement du radier de la galerie filtrante de Portet. — Afin d'augmenter la charge et par conséquent le débit du filtre, la Commission extra-municipale des eaux (1) dans le rapport du 12 mars 1893, proposa d'abais-

(1) Cette Commission comprenait : MM. Robaglia, inspecteur général des ponts et chaussées, président ; Leauté, membre de l'Institut, rapporteur ; Humblot, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur du service des eaux de Paris ; Fontès, ingénieur en chef des ponts et chaussées ; Sévène, ingénieur des manufactures de l'Etat.

de 0^m,80 le radier de la galerie de Portet et de le faire ainsi reposer sur le tuf. Voici comment on obtint ce résultat :

« L'abaissement de la galerie filtrante prescrit par la Commission extra-municipale a été approuvé par délibération du 28 avril 1893 et décret du 16 mars 1894.

» D'après nos prévisions, l'abaissement du radier de la galerie devait s'exécuter dans le gravier de la manière suivante :

» Battage le long de chaque piédroit de pics en fer de 1^m,10 de longueur, espacés de 1^m,25 et reliés à leur partie supérieure par une pièce de bois horizontale.

» Pose de pièces transversales en bois pour maintenir l'écartement des pièces horizontales.

» Battage dans le plan des piédroits entre le piédroit et la pièce horizontale de pieux en chêne de 0,05, 0,02, 0,80, laissant entr'eux un vide de 0^{m}03 pour l'arrivée de l'eau filtrée.

» Déblaiement à l'intérieur du coffrage ainsi exécuté jusqu'à 0^{m}80 en contre-bas du radier primitif ;

» Enfin, pose sur le radier définitif d'un cadre destiné à maintenir l'écartement des deux files de pieux.

» En résumé, les piédroits en maçonnerie étaient prolongés, pour ainsi dire, par des piédroits en bois sur 0^{m}80 de hauteur. La seule difficulté de l'opération consistait dans le battage des pics en fer, car ces pics devaient avoir 1^{m}10 de longueur et les ouvriers ne pouvaient manœuvrer, au commencement, que dans une galerie de 1^{m}40 de hauteur.

» En exécution, M. Gajan, chef de section, et M. Portet, conducteur, nous ont proposé, suivant en cela les conseils précédemment donnés par M. Boucher, conseiller municipal, d'abaisser le radier de la galerie dans le gravier en prolongeant les piédroits primitifs par des maçonneries en briques tubulaires jusqu'au niveau projeté pour le radier abaissé. Expérience faite, il a été démontré que ce système

d'abaissement était préférable à celui que nous avions proposé.

» Pour faire la reprise des piédroits en sous-œuvre on battait, contre les piédroits, des panneaux verticaux de 3 mètres de longueur, analogues à ceux qui ont été décrits ci-dessus. Ils différaient de ces derniers en ce que les pieux en

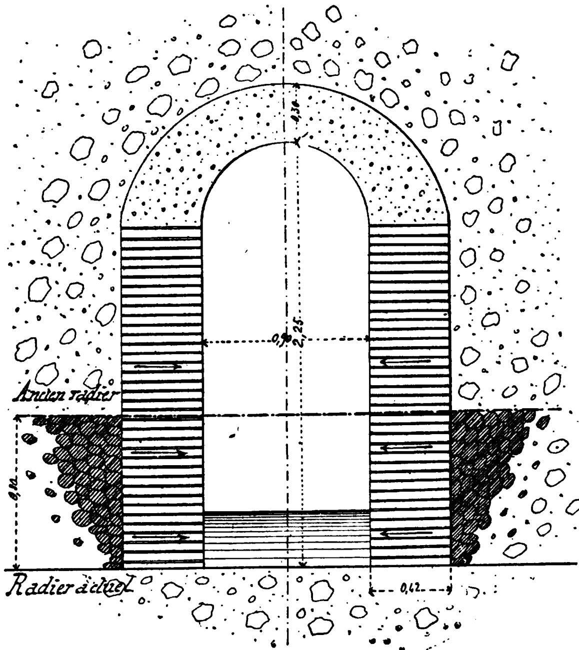


Fig. 7. — **Coupe de la galerie filtrante de Portet.**

chêne, sur les 2 mètres latéraux extrêmes, étaient remplacés par des palplanches presque jointives et que la partie centrale, de un mètre de longueur, était laissée vide.

» On plantait horizontalement, au-dessus de la pièce longitudinale supérieure, des lames de fer jointives formant plafond. Ces lames, fixées d'un côté dans les graviers entourant la galerie, étaient soutenues de l'autre par des fils de fer attachés en divers points de l'intrados et de la paroi interne de cette galerie. Elles avaient pour but d'empêcher

les graviers de fluer par la partie centrale laissée vide et de soutenir, sur un mètre, les piédroits primitifs.

» On déblayait alors rapidement sous ces piédroits et l'on maçonnait avec des briques tubulaires et mortier de ciment. Le piédroit étant maçonné sur un mètre, le panneau était déplacé de un mètre et ainsi de suite jusqu'à complet achèvement.

» Pendant l'abaissement de la galerie, il a été indispensable de continuer à envoyer à Toulouse les eaux filtrées en provenant et c'est pourquoi on a procédé à l'abaissement par tronçons de 25 mètres environ. Chaque tronçon a été isolé des deux parties avoisinantes de la galerie par deux bâtardeaux. Une machine de huit chevaux, actionnant une pompe centrifuge de $0^{m}200$, enlevait les eaux de filtration de ce tronçon, salies par les travaux, et les rejetait dans la Garonne. Une autre machine transvasait les eaux filtrées de l'amont du tronçon pour les rejeter à l'aval. Les derniers cent mètres de la galerie ont été exécutés avec la seule machine d'épuisement.

» Les résultats obtenus sont des plus satisfaisants; car, aux plus basses eaux de 1894, le débit *minimum* de la galerie a été de 9,000 mètres cubes ». (Rapport de M. l'ingénieur Quintin.)

Le radier abaissé, la pente fut insuffisante pour assurer l'écoulement naturel des eaux vers la ville. On fut obligé d'élever l'eau de la galerie jusque dans l'aqueduc, par une pompe actionnée par une machine à vapeur. L'aspiration des eaux, en abaissant le niveau dans la galerie, augmentait, en outre, artificiellement la charge de filtration sur le radier. La machine à vapeur, qui était d'une force de douze chevaux, a été remplacée par une machine demi-fixe, genre locomobile, et d'une force de quarante chevaux. Cette machine fonctionne nuit et jour, d'une façon très satisfaisante. L'établissement d'une machine fixe exigeant un temps trop considérable, on a été obligé de se contenter

d'une locomobile, pour ne pas interrompre le service des eaux. Comme nous le verrons plus loin, M. l'ingénieur Quintin a demandé, dans un avant-projet, l'installation d'une machine fixe et d'une usine définitive. L'usine actuelle n'est que provisoire; sa plateforme n'est pas suffisamment élevée pour la mettre à l'abri des inondations. Une modification s'impose donc à bref délai.

Puits de Portet. — Les améliorations apportées dans la galerie de Portet, par suite de l'augmentation du nombre des drains, n'ayant pas donné les résultats que l'on en attendait, l'administration municipale décida la construction de puits filtrants dans le cailloutis de Portet.

Sous la direction de M. l'ingénieur Sevène, un premier puits fut foncé, en 1892, à 30 mètres de la berge, en un point aval du dernier drain de la galerie, suffisamment éloigné pour que son action fût nulle sur la galerie. Les résultats ayant été bons, la construction de deux autres puits semblables fut décidée. Ces puits furent placés à 30 mètres de la berge et à une distance de 70 mètres du premier. Ces nombres résultent d'expériences faites par la Commission des eaux de 1872, et par M. l'ingénieur Quintin. D'après ces expériences, en effet, le rayon d'action d'un puits serait de 100 mètres. Donc, avec l'intervalle choisi de 70 mètres, le rayon d'action d'un puits étant réduit à 30 mètres, on était sûr d'obtenir un rendement *maximum*. Il en est de même pour la distance des puits au fleuve, fixée à 30 mètres. Les expériences avaient montré que plus un puits est rapproché du fleuve et plus, toutes choses égales d'ailleurs, son débit est considérable. Passé une distance limite, la filtration s'effectue dans de mauvaises conditions, l'eau est insuffisamment clarifiée et sa température devient plus variable. Cette distance limite, pour les filtres de Toulouse, est de 30 mètres.

L'eau de ces trois puits, aspirée par une pompe centri-

fuge, est rejetée dans la conduite d'amenée. A cet effet, une conduite en fonte de 0m400, part de la pompe et se divise en trois branches qui se rendent aux trois puits. A la bifurcation se trouve placée la chambre des robinets. Ce mode d'aspiration est inférieur au siphonage adopté pour les

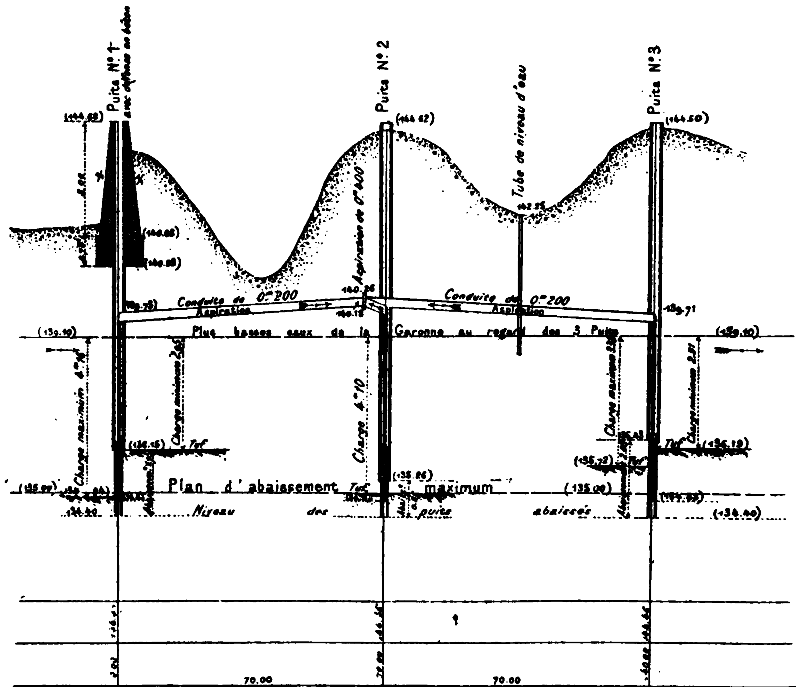


Fig. 8. — **Profil en long des puits de Portet suivant l'axe des puits.**

puits de Braqueville, comme nous le verrons en étudiant les filtres de cette alluvion.

Primitivement, ces puits n'étaient pas fondés sur le tuf. C'est afin d'augmenter leur charge de filtration, et partant le débit, que leur abaissement jusque sur le tuf fut décidé. « Cet abaissement a été extrêmement difficile, et nous n'avons pu, comme pour la galerie, reprendre les puits en sous-œuvre. Il a fallu construire, à l'intérieur de chacun

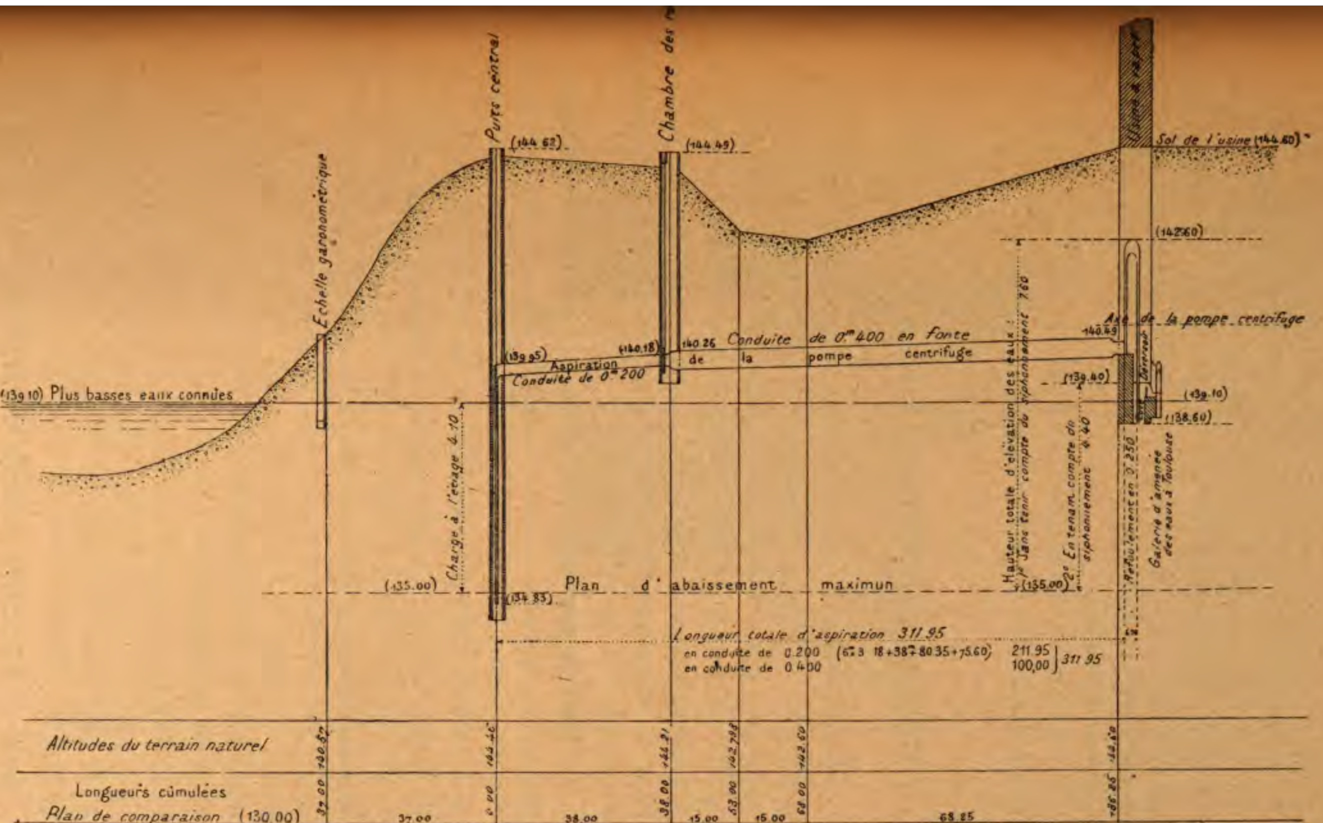


FIG. 9. — **Profil en long de la conduite d'aspiration et de refoulement de la pompe centrifuge des Puits de Portet.**

d'eux, un autre puits, analogue à un bâtardeau circulaire dont la terre glaise aurait été remplacée par des graviers et constitué par une double chemise de pieux et de palplanches en chêne, encastrés dans le tuf et reliés solidement à leurs parties supérieures par des moises ». (Rapport de M. l'ingénieur Quintin.)

A la suite de l'abaissement de leur radier, le rendement des puits s'est accru d'une façon très notable.

Les Filtres de Braqueville.

Malgré toutes les améliorations apportées aux filtres de la Prairie et de Portet, la quantité d'eau recueillie n'étant pas suffisante pour assurer l'alimentation de la ville, on fut obligé de se procurer des ressources nouvelles. On ne s'écarta pas du principe adopté jusqu'à ce jour, et c'est à une alluvion de même nature que celle de Portet que l'on demanda de suppléer à cette insuffisance.

Le choix se porta sur le ramier de Braqueville, situé en amont du barrage et à 2 kilomètres en aval des filtres de Portet. Cette alluvion est d'une composition à peu près semblable à celle de Portet. Très stable sur une longueur de 1,200 mètres, elle présentait les conditions requises. De nombreux sondages montrèrent des couches de graviers très propres, quoique plus fins qu'à Portet, reposant sur un tuf uniforme, à $3^{m}30$ en contre-bas des plus basses eaux de la Garonne. Mais les graviers, en aval, sur une longueur de 400 mètres, présentaient des couches de vase les rendant impropres à la filtration.

Trois puits d'essai furent foncés jusque dans le tuf en 1894 en conservant les distances adoptées à Portet, c'est-à-dire à 30 mètres de la berge et distants les uns des autres de 70 mètres.

Basés sur le même principe de filtration que les galeries,

les puits, toutes choses égales d'ailleurs, sont d'un emploi plus économique.

Pour collecter l'eau des trois puits on n'eut pas recours, comme à Portet, à l'emploi de tuyaux d'aspiration. Dans le nouveau procédé, « l'eau des puits extrêmes siphonne par

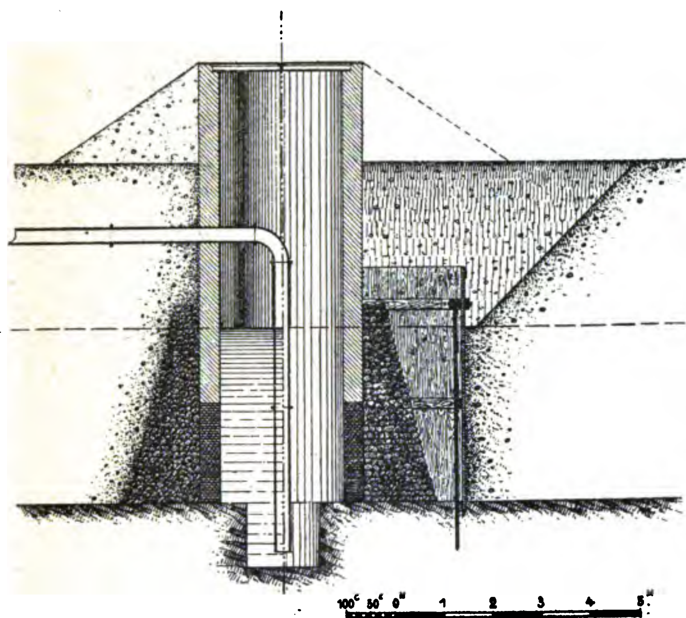


Fig. 10.— **Coupe verticale d'un puits filtrant de Braqueville.**

Une demi-coupe représente l'ouvrage terminé; l'autre demi-coupe représente l'ouvrage avant l'enlèvement du coffrage.

des tuyaux en fonte de 0m30 de diamètre dans le puits central, l'amorçage des siphons se fait en dix minutes au moyen d'un éjecteur. Une pompe centrifuge aspire directement les eaux des trois puits dans le puits central et les rejette dans une conduite provisoire en tuyaux en fonte de 0m30, qui aboutit à l'aqueduc d'amenée des eaux de Portet à Toulouse. Cette solution offre deux avantages :

« 1° Les tranchées à faire pour la pose des siphons sont moins profondes que celles pour les tuyaux d'aspiration.

» 2° L'installation de la pompe est plus facile et l'on ne perd pas, comme à Portet, 42 °/o de la force inutilement.

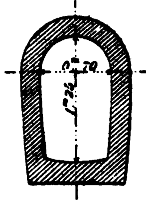


FIG. 11. — Conduite d'amenée des eaux de Portet et de Braqueville. Coupe pratiquée suivant CD de la figure 3.

» Des tassements étaient à craindre, et effectivement il s'en produit à la suite des entraînements de sable par l'eau pompée. C'est pourquoi nous avons employé, comme système de joints, celui qui est exclusivement adopté à Paris, pour les conduites posées dans les terrains compressibles ou dans les endroits sujets à des trépidations, tels que les ponts, par exemple.

Cet emploi a donné d'excellents résultats. Aucune rentrée d'air n'a eu lieu par les joints, et les siphons ont toujours parfaitement fonctionné. » (Rapport de M. l'ingénieur Quintin).

Les Réservoirs et la Canalisation.

Les réservoirs ne sont pas seulement destinés à emmagasiner un volume d'eau déterminé qui puisse servir de réserve dans les cas de besoin, à la suite, par exemple, d'une interruption de service; leur principal rôle est de maintenir constamment sous pression l'eau de la canalisation. La quantité d'eau employée est en effet variable suivant les moments ; le jour, elle dépasse de beaucoup celle utilisée la nuit ; grâce aux réservoirs, l'excès est emmagasiné et restitué au moment de la consommation. Les réservoirs sont donc, avant tout, des régulateurs de la distribution.

La canalisation de Toulouse possède trois réservoirs bâtis sur les côteaux de Guilheméry, de Périole et de Bonhoure ; tous trois sont placés *en bout* de la canalisation et les conduites d'amenée de l'eau font le *service en route*, c'est-à-dire

distribuent l'eau avant leur arrivée dans les réservoirs. Par cette disposition, suivant les besoins de la consommation, les sens des courants diffèrent dans la canalisation.

Réservoir de Guilheméry. — Le plus ancien des trois réservoirs est celui de Guilheméry. Il a été, en effet, creusé en 1869. Le radier est à une hauteur de 159m065 au-dessus de la ville. La tranche d'eau est de 4 mètres et la capacité du réservoir de 8000 mètres cubes. Il est établi complètement en déblai, c'est-à-dire creusé dans le sol et recouvert par une couche de terre gazonnée. Les pertes de ce réservoir sont si abondantes, qu'en 1886 on installa une machine à vapeur actionnant une pompe pour les refouler dans un réservoir, au point culminant de la ville, d'où elles sont utilisées pour l'alimentation des hauts quartiers.

Réservoir de Périole. — Le réservoir de Périole, construit en 1892, sur l'avis du conseil général des ponts et chaussées, est à la même altitude que celui de Guilheméry. Sa capacité est de 13.600 mètres cubes. A flanc de côteau, mi-partie en déblai et en élevation et de forme rectangulaire, il est divisé en deux compartiments, afin que l'un soit toujours en service pendant que l'autre est mis en nettoyage ou en réparation.

Réservoir de Bonhoure. — Bâti de la même manière que celui de Périole, mais d'une capacité moindre. Il n'emmagasine que 3.000 mètres cubes et remplace l'ancienne cuve métallique qui desservait les hauts quartiers.

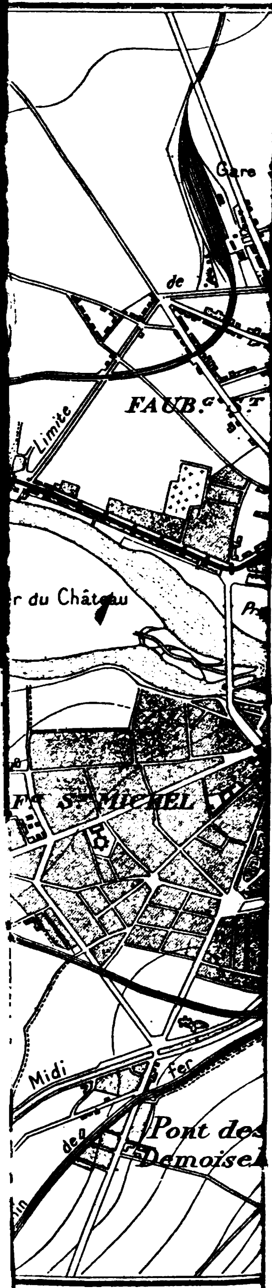
Canalisation. — Au point de vue de la canalisation, la ville est divisée en deux étages, c'est-à-dire en deux réseaux séparés et soumis à des pressions différentes; l'un constitué par les bas quartiers alimentés par les réservoirs de Périole

et de Guilhemery, l'autre par les hauts quartiers aliment
par le réservoir de Bonhoure.

Le réseau de la canalisation est ramifié. Il est formé d'u
tronc commun sur lequel s'embranchent des conduites s
ramifiant à leur tour ; les conduites extrêmes se terminen
en cul-de-sac.

Le service est constant, l'eau est à chaque instant à l
disposition du consommateur.

Pour ce qui est du tracé de la canalisation, se reporte
à la planche II.


Gare
de
FAUB.G ST
Limite
r du Château
Fg St MICHEL
Midi
fer
Pont des
Demoisel
del

Légende de la Planche II.

Sur le plan de la ville de Toulouse et de la région environnante où sont établis les filtres de Portet et de Braqueville, nous avons indiqué les grandes lignes de la canalisation.

La galerie d'amenée des eaux de Portet à Toulouse commence à l'extrémité aval de la galerie de filtration de Portet et rejoint la route d'Espagne au point où celle-ci croise la ligne de chemin de fer de Toulouse à Bayonne. Elle suit la route nationale jusqu'à Toulouse. Là, elle traverse la place du Fer-à-Cheval, longe l'allée de la République à l'extrémité de laquelle elle rencontre le canal d'amenée des eaux motrices qui renferme les conduites des eaux filtrées de la prairie. Après avoir bordé l'allée de Garonne, elle aboutit au nouveau château-d'eau.

Les eaux filtrées sont refoulées par les machines de cette usine dans deux conduites en fonte de 0m50 de diamètre. Ces conduites gagnent l'allée de Garonne, suivent la rue de la République, traversent la Garonne sur le Pont-Neuf où elles sont placées sous le trottoir du côté gauche. Sur la place du Pont, elles se séparent pour se rendre chacune à un réservoir.

Celle qui aboutit au réservoir de Guilleméry continue la direction initiale en passant rue des Marchands, place de la Trinité, rue de la Trinité, rue Croix-Baragnon, rue Saint-Etienne, place Saint-Etienne, rue Riguepels, rue de la porte Saint-Etienne. Elle croise, boulevard Saint-Aubin, la ligne de canalisation qui suit les boulevards; passe place Dupuy, traverse le canal du Midi sur un pont au port Saint-Etienne, longe la rue du faubourg-Guilleméry et aboutit au réservoir Guilleméry.

La deuxième conduite se rend à Périole ; après s'être séparée de la précédente place du Pont, elle gagne la rue Peyrolières, passe rue Gambetta, traverse en diagonale la place du Capitole, arrive rue de Rémusat, croise boulevard de Strasbourg la ligne de canalisation des boulevards, longe la rue du Faubourg Matabiau, suit la route de Lyon qu'elle abandonne pour prendre la route d'Agde et arrive au réservoir de Périole, où elle se bifurque et déverse les eaux dans les deux compartiments.

En outre de ces deux grosses conduites, nous trouvons une ligne de canalisation en forme d'arc-de-cercle qui suit les boulevards d'Arcole, de Strasbourg, Saint-Aubin, l'allée Saint Etienne, contourne le Grand-Rond, passe allée Saint-Michel. A l'extrémité de ces allées, place Extérieure-Saint-Michel, elle se divise en rameaux secondaires moins importants. Il en est de même de la conduite qui suit la rue du Faubourg-Arnaud-Bernard et vient s'embrancher sur la ligne du boulevard d'Arcole. Elle ne donne naissance qu'à des conduites d'un diamètre peu considérable.

Ces trois grandes lignes se divisent en branches qui se subdivisent à leur tour pour distribuer l'eau dans les maisons. Les branches terminales de ces ramifications se terminent en cul-de-sac.

CHAPITRE II

La Filtration Naturelle.

ORIGINE DE L'EAU DES FILTRES

C'est à Toulouse, en 1825-1828, que fut appliqué par d'Aubuisson, pour la première fois, le principe de la filtration naturelle. Depuis cette époque, ce principe a servi de base à tous les systèmes d'alimentation en eau potable auxquels on a eu recours dans cette ville. Les résultats ayant paru assez satisfaisants, l'exemple fut suivi en France par les villes de Lyon, Angers, Nevers, Blois, etc. ; en Angleterre, à Nottingham et à Perth ; en Allemagne, à Dresde et à Magdebourg ; en Italie, à Gênes, etc.

La filtration naturelle consiste dans l'épuration des eaux de rivière par leur passage à travers les graviers perméables des berges. Le dépôt de ces graviers s'effectue sur certains points des rives sous forme de bancs. L'étude du mode de formation de ces dépôts est indispensable pour bien comprendre le phénomène de la filtration naturelle.

Mode de formation des bancs d'alluvion. — Les bancs d'alluvion déposés par la Garonne ont en général pour origine des obstacles formés par les relèvements des parties dures du lit que l'eau n'a pu entamer dans ses affouillements. A cette première cause s'ajoute le déplacement du lit du

fleuve qui gagne incessamment vers l'est et abandonne la rive occidentale. Ce double travail de creusement à l'est et de comblement à l'ouest a été attribué au mouvement de rotation de la terre. Ce mouvement s'effectue, en effet, en sens inverse dans l'autre hémisphère. Nous avons déjà eu l'occasion d'en parler, dans l'aperçu géologique et hydrographique de la région toulousaine, à propos de la formation des terrasses de la rive gauche de la Garonne.

La Garonne a creusé son lit dans les couches du miocène. Ce terrain est constitué par une marne peu dure, en certains points, rappelant dans d'autres par sa consistance celle du calcaire, avec des alternances d'un sable quartzeux, plus ou moins argileux et peu cohérent.

Soient deux portions du lit de la rivière formées par des parties dures et séparées par une marne tendre. Sous l'action du courant, la marne tendre est enlevée en partie. Un remous ou petit rapide se forme dans cette dépression. Des graviers et des galets se déposent, et un banc d'alluvion dont la hauteur ne dépasse jamais celle de la plus haute crue se constitue. L'érosion la plus forte étant au-dessous du remous, c'est en ce point que se déposent les graviers et les galets ; en aval, le courant étant beaucoup plus faible, le limon sera aussi précipité. Dans une alluvion ainsi formée, on doit donc trouver dans la partie située en amont les graviers les plus nettoyés et dans la partie aval les couches de vase et de limon. Nous avons vu que lorsque d'Aubuisson creusa son deuxième filtre dans la partie aval de la prairie, il rencontra des couches de mauvaise qualité qui communiquèrent à l'eau un goût désagréable.

Le même fait a été observé dans le ramier de Braqueville par M. l'ingénieur Quintin. Les sondages effectués dans cette alluvion révélèrent des couches de graviers vaseux sur les 400 mètres de berge situés en aval.

Les remous de la Garonne ont été utilisés pour trois grandes chutes ; celles du moulin du Château, du moulin du Ba-

zacle et du moulin Vivent. Cette dernière, emportée par une inondation, n'existe plus actuellement.

Le remous du bras droit de la Garonne, en amont de Toulouse, a formé l'îlot de Tounis, celui du bras gauche l'alluvion de la prairie ; le remous du Bazacle en aval a donné le ramier du Bazacle.

Les eaux, en abandonnant la rive occidentale, ont laissé à découvert la prairie des Filtres qui s'est rattachée complètement à la rive gauche. A une époque ancienne, la Garonne suivait un trajet rectiligne dans la région comprise entre l'îlot Vivent et le Bazacle et son lit occupait une partie du faubourg de Saint-Cyprien, comme le prouve la tendance qu'a le fleuve à reprendre son ancien lit, lors des grandes crues ; inondations de 1772 et de 1875. D'ailleurs nous savons, d'après un plan de la ville de Toulouse datant de 1776, qu'à cette époque la prairie des Filtres était formée par trois îlots complètement séparés de la rive gauche.

D'autres remous et d'autres chutes nous intéressant existaient à plusieurs kilomètres en amont de la ville. C'est ainsi qu'on peut voir encore les ruines d'une ancienne chaussée près des filtres de Braqueville, à l'extrémité aval du ramier. Cette chaussée a été abandonnée par le fleuve dans son déplacement vers l'est. En amont de cette chaussée se trouvent les bancs d'alluvion de Braqueville et de Portet, où sont creusés les puits et galeries filtrants qui alimentent Toulouse.

EXPOSÉ DU PRINCIPE DE LA FILTRATION NATURELLE.

Infiltrations de la rivière. — Soit une rivière coulant dans un sol perméable, et c'est le cas pour la Garonne dont le lit est recouvert d'une couche de sable et de graviers qu'elle a déposé sur le miocène. Les infiltrations qui imbibent ce sous-sol perméable s'effectuent suivant certaines lignes dont la direction est déterminée par la pression du

liquide et l'action de la pesanteur. Ces infiltrations rayonnent tout autour de la rivière et forment comme un second cours d'eau souterrain. Leur abondance dépend du degré de perméabilité du sol et de la charge. D'après cette dernière condition, elles seront maxima au-dessous de la rivière, la charge en ce point étant plus considérable et elles diminueront en quantité sur les bords.

La masse filtrante n'est donc pas seulement représentée par le terrain qui forme la berge, mais aussi par l'ensemble

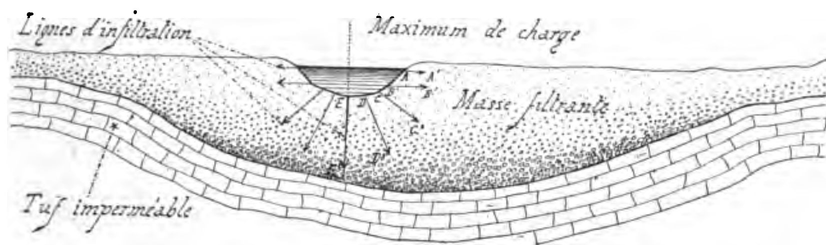


Fig. 12. — **Diagramme destiné à montrer la marche des infiltrations fluviales dans les graviers filtrants du lit et des berges.**

des dépôts perméables qui occupent le lit de la rivière. Ce point est important à noter comme nous le constaterons plus bas.

Rapports des infiltrations de la rivière et de la nappe phréatique. — En étudiant les eaux souterraines de la région toulousaine, nous avons vu que les terrasses diluviennes étagées sur la rive gauche de la Garonne étaient parcourues par une nappe phréatique provenant des infiltrations pluviales. Cette nappe se dirige obliquement vers le thalweg et vers le fleuve. Il arrive donc un moment où elle rencontre les infiltrations de la Garonne venant en sens inverse et se mélange à ces dernières. Comme ces deux sortes d'eau ont une composition chimique différente, les eaux de la nappe phréatique étant plus minéralisées que les eaux

d'infiltrations de la rivière, il en résulte qu'il se forme entre le cours d'eau et le pied des terrasses, une série de tranches de liquides de nature différente, dont les extrêmes rappellent les eaux de la Garonne et de la nappe, les moyennes présentant des caractères intermédiaires.

Les rapports de la nappe phréatique et des infiltrations fluviales ne sont pas constants. L'équilibre établi entre les deux nappes varie, en effet, suivant les oscillations de leurs niveaux. L'abondance des pluies tombées sur les terrasses à certaines époques de l'année, déterminent des crues de la nappe phréatique dont le niveau s'élève. La nappe tend alors à refouler les infiltrations de la rivière et à empiéter sur leur domaine. Inversement, si le niveau de la rivière s'élève, les infiltrations fluviales repousseront les eaux de la nappe et un nouvel état d'équilibre s'établit au profit de la rivière. Il est à remarquer que les crues de la nappe s'effectuent avec une vitesse moindre que celles des infiltrations fluviales. Suivant l'état de crue ou de décrue, les cours d'eau pénétrant dans les graviers des berges fournissent ou soutirent du liquide à la nappe qui se comporte vis-à-vis de la rivière à la manière d'un régulateur.

On a supposé que dans ce mouvement de va-et-vient, dû à des états d'équilibre différents de la nappe et des infiltrations, les impuretés déposées dans les interstices du sable et des graviers par les infiltrations de la rivière, étaient balayées par le mouvement rétrograde des eaux. Aussi, même à peu de distance de la rivière, le gravier ne resterait pas longtemps imprégné de boue et de substances vaseuses. Ce phénomène naturel serait comparable à celui produit par le nettoiement d'un filtre artificiel dans lequel on fait pénétrer l'eau tantôt par le haut, tantôt par le bas.

La nappe aquifère dans son trajet souterrain est sollicitée suivant certaines pentes. Quel que soit le degré de perméabilité du sol, la forme de la partie supérieure est celle d'une courbe inclinée vers le point le plus bas, c'est-à-dire vers le débouché.

Dupuit a démontré par le calcul que si l'on suppose le substratum imperméable parfaitement plan et la couche filtrante parfaitement homogène, la courbe de la partie supérieure de la nappe du point le plus élevé, a pour profil un arc de parabole.

APPLICATION DES LOIS DE L'ÉCOULEMENT DES EAUX DANS LES COUCHES FILTRANTES AUX FILTRES DE TOULOUSE.

L'établissement de galeries dans les couches filtrantes naturelles qui servent à l'alimentation de la ville de Toulouse, a donné lieu à une série d'études et d'expériences en vue de déterminer les relations qui unissent les volumes, les débits, la charge, le coefficient de perméabilité, la température et de vérifier les lois énoncées par Darcy et Dupuit.

Darcy, par des expériences et Dupuit par le calcul, avaient établi que : pour un sable de même nature, on peut admettre que le volume débité est proportionnel à la charge et en raison inverse de la couche traversée.

Application des formules de M. Brunhes au débit des filtres naturels. — M. Brunhes (1), appliquant les résultats de ses recherches sur le passage des liquides à travers les substances perméables et les couches filtrantes, donna la formule pratique suivante pour calculer le rendement d'un filtre homogène dont les couches ont des températures croissantes et décroissantes, suivant les termes d'une progression arithmétique :

$$Q = \frac{CoHS}{E}\left(1 + \gamma \frac{T_2 + T_1}{2}\right)$$

dans laquelle Q représente le produit du filtre ; Co, le coef-

(1) Voir *Recherches expérimentales sur le passage des liquides à travers les substances perméables et les couches filtrantes.* Thèse présentée à la Faculté des sciences de Toulouse, 1881.

ficient de perméabilité (1) à 0° ; H, la charge ; S, la section ; E, l'épaisseur de la couche filtrante ; T_1 et T_2 les températures observées aux deux extrémités de la colonne filtrante et γ l'accroissement moyen du coefficient de perméabilité pour tout degré compris entre T_2 et T_1.

Cet auteur fait d'ailleurs remarquer que l'on ne peut pas assimiler la masse filtrante interposée entre le fleuve et la galerie où se collectent les eaux à un filtre homogène. Les diverses couches qui la constituent peuvent avoir, en effet, des sections inégales et des coefficients de perméabilité différents. On cherche alors leur *longueur réduite*, c'est-à-dire l'épaisseur de la couche homogène qui fournirait le même débit avec une section égale à la section moyenne et au coefficient moyen de perméabilité.

Etude de l'influence de la température sur le débit. — Des jaugeages faits à des températures différentes nous montreront les variétés du débit en fonction de la température. En ramenant tous les résultats à la température moyenne des eaux qui est 13°, on aura : (Q_{13} représentant la quantité qu'on aurait observée si le filtre avait eu toutes ses tranches à la température de 13° et Q le débit quand les températures de la base supérieure et de la base inférieure du filtre sont respectivement T_1 et T_2) :

$$\frac{Q_{13}}{Q} = \frac{(1+13\gamma)^{\log.\left(\frac{1+\gamma T_2}{1+\gamma T_1}\right)}}{\gamma\,(T_2 - T_1)\log.e}$$

Quand le niveau du fleuve est à la même cote à deux époques différentes, les produits des galeries filtrantes doivent

(1) On entend par coefficient de perméabilité d'une substance, le nombre, qui représente la dépense, évaluée en centimètres ou en décimètres cubes produite pendant une seconde, sous une charge de un mètre d'eau, à la température de 0°, à travers une couche dont la section est de un mètre carré et l'épaisseur de un centimètre, par exemple.

être proportionnels aux valeurs données par la formule précédente.

Le produit moyen des galeries, les 14, 15 et 16 novembre 1874, la température de l'eau du fleuve étant de 8°, celle de l'eau des galeries de 15°, fut de 300 pouces ou de 6.000 mètres cubes par 24 heures.

Les 6, 7, 8 et 9 juillet 1874, avec une température extérieure de 23° et une température intérieure de 17°, la charge dépassant de 15 à 20 centimètres d'eau celle de novembre, on obtint les débits suivants : 7540, 7860, 7460 et 7320 correspondant à ces quatre jours. Donc, pendant ces deux périodes de juillet et de novembre, le rapport des deux rendements quotidiens a été de 1.25.

Si la pression était restée constante, le débit devrait être de 7.500 mètres cubes. Comme elle a été supérieure, le débit doit être augmenté ; le calcul démontre, en effet, que pour ce jour-là le rendement est à peu près égal au rendement moyen observé.

Ce dernier est de $\frac{7.540 + 7.860 + 7.460 + 7.320}{4} = 7.5\ 45$

Les résultats fournis par l'observation et par le calcul concordent donc.

Le 14 août 1874, la charge était la même qu'en novembre, la température du fleuve égalait 19° et celle de l'eau et la galerie 18° ; le calcul du rendement donna 7.080 ; l'observation, 6.900.

Pendant la période de ces observations, l'état du fleuve ne fut modifié par aucune crue.

Pour calculer les rendements des filtres sous les charges correspondant aux différents niveaux dufleuve, M. Brunhes fait observer qu'il faudrait : 1° que les eaux eussent toujours la même limpidité ; 2° que les galeries fussent exclusivement alimentées par les eaux de la Garonne ; 3° que les variations de niveau ne changeassent pas la surface par

laquelle l'eau courante est en contact avec le terrain perméable.

La deuxième condition, d'après M. Brunhes, était remplie par les filtres de la Prairie. On croyait, en effet, à cette époque, que la galerie Guibal était exclusivement alimentée par la Garonne. Appliquant alors les formules déjà établies, cet auteur étudie l'influence des autres actions qu'il appelle *perturbatrices*.

Causes perturbatrices. — On construit la courbe des logarithmes, des produits quotidiens du filtre que nous

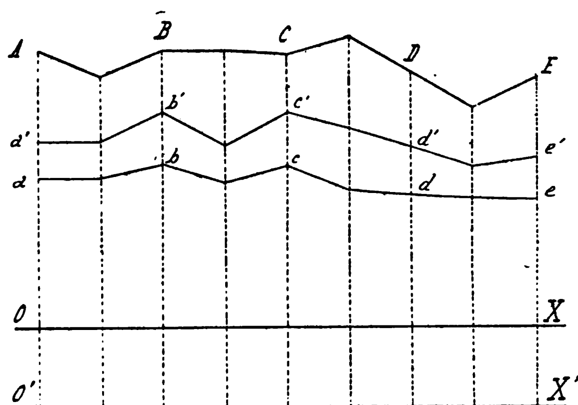


Fig. 13.

représentons ci-contre : O X est la ligne des abcisses, et A, B, C, D, E, la courbe cherchée ; au-dessous de l'axe des X précédent, on prend un nouvel axe tel que O' X' et on porte sur les ordonnées correspondantes aux mêmes jours, des longueurs proportionnelles aux logarithmes des charges dont l'extrémité forme la courbe *a*, *b*, *c*, *d*, *e* ; on ajoute, en outre, à chacune des ordonnées précédentes, le logarithme de la fonction de T, c'est-à-dire le logarithme du polynôme qui représente l'influence de la température sur le rende-

ment. En réunissant les extrémités des ordonnées ainsi augmentées, on obtient la courbe *a' b' c' d' e'*. Les unités doivent être choisies de telle manière que l'ordonnée qui représente la somme de deux logarithmes pour un jour où les eaux sont claires, soit égale à l'ordonnéé correspondante qui représente le logarithme du rendement.

Dans ces conditions, les deux courbes A B C D et *a' b' c' d' e'* devraient rester constamment parallèles et à une distance égale à celle des deux axes O X et O' X', si les actions dues à la pression et à la température n'étaient pas modifiées par d'autres influences. Il n'en est pas toujours ainsi, et alors la différence des ordonnées des deux courbes pour une même valeur d'X représente le logarithme du coefficient de perturbation, qui sera lui-même tantôt positif, tantôt négatif, suivant que le coefficient sera plus grand ou plus petit que 1. On a même immédiatement la valeur de ce dernier, si les constructions précédentes sont faites à l'aide de la règle à calcul.

Expériences de Guibal pour déterminer les dimensions de la galerie filtrante. — Guibal, ingénieur de la ville de Toulouse, avant d'établir la galerie filtrante de la prairie voisine du cours Dillon, fit un certain nombre d'expériences : « pour vérifier, tant la loi de la proportionnalité entre les volumes et les charges, que les principes généraux relatifs à l'influence de la largeur des galeries ».

D'après les règles posées par Darcy, le rendement d'une galerie de filtration dépendant du coefficient de perméabilité du terrain, est proportionnel à l'abaissement du radier de la galerie sous le niveau des eaux de la rivière, et, en raison inverse, de la distance qui sépare la galerie de cette rivière.

La largeur du radier a aussi une influence sur le débit; par l'augmentation de l'écoulement à travers le terrain sous une même charge, et l'augmentation même de la charge

résultant de l'abaissement du niveau de l'eau dans la galerie pour un même volume.

« On ne pourra convenablement assigner les dimensions à donner à une galerie de filtration, dans chaque cas particulier, qu'après avoir fait une expérience sur une galerie d'une certaine longueur, à une distance de la rivière, ainsi qu'à une profondeur jugées convenables : et, du débit obtenu, on pourra immédiatement déduire celui que produirait en plus, soit un rapprochement de la galerie vers la rivière, soit un abaissement du radier. Mais on ne pourra rien présumer de l'effet que produirait un élargissement du radier, sans une seconde expérience qui consisterait à élargir la galerie d'expérimentation. Si cet élargissement ne produit aucune augmentation, on sera arrivé à la limite où la ligne de charge ne peut pas descendre plus bas ; si, au contraire, l'élargissement produit une augmentation plus ou moins sensible, on sera à même d'apprécier ce qu'on pourrait espérer d'un élargissement nouveau ». (Note, p. 130 ; *Mém. Ac. Sc.* de Toulouse, tome V, 1800.)

Deux sortes d'expériences furent faites dans ce but : Dans l'une, Guibal opérait en petit, sur un milieu artificiel; dans l'autre, le milieu était constitué par le terrain même où l'on devait creuser la galerie.

L'appareil d'expérience était constitué par un banc d'alluvion en miniature avec des galeries filtrantes. Le sable était enfermé dans une caisse en zinc de 1^m40 de longueur sur 0^m60 de largeur et 0^m30 de hauteur, divisée par des cloisons en toile métallique en trois compartiments égaux et isolés.

Dans le sable de chaque compartiment, un prisme rectangulaire, en toile métallique, de 0^m30 de longueur et de sections différentes pour chacun d'eux, représentant une petite galerie débouchait à l'extérieur par un ajutage en zinc.

Les toits de ces galeries étaient dans un même plan distant de 0^m20 du fond de la caisse.

Pendant tout le temps de l'opération, l'eau était maintenue à un niveau constant.

Les expériences portèrent sur six galeries dont cinq avaient 0^{m}06 de hauteur et de largeurs différentes, depuis 0^{m}01 jusqu'à 0^{m}05; la sixième n'avait que 0^{m}03 de hauteur et 0^{m}02 de largeur. La longueur était toujours de 0^{m}30.

Le niveau constant de l'eau dans la caisse étant à la hauteur des toits des galeries, la galerie de 2 centimètres de largeur et de 0^{m}03 de hauteur donna 0^{l}333 par minute, et celle de même largeur et 0^{m}06 de hauteur, donna le double, c'est-à-dire 0^{l}68, comme l'indique le principe de la proportionnalité entre les volumes et les charges.

Les galeries de 1, 2, 3, 4, 5 centimètres de largeur donnèrent, sous la même charge, 0^{l}43, 0^{l}68, 0^{l}86, 0^{l}93, 0^{l}93 par minute.

L'accroissement du volume débité très sensible de 1 à 2 diminue de 2 à 3 et de 3 à 4 pour devenir nul de 4 à 5. Dans ce dernier cas la ligne de charge aboutissait à la surface de l'eau dans la galerie.

Pour la deuxième série d'expériences on construisit dans la Prairie des Filtres une galerie de 10 mètres de longueur sur 0^{m}60 de largeur et dont le radier était à la côte 0^{m}15 du garonnomètre du pont. On pouvait jauger exactement le débit de la galerie par un déversoir dont le seuil était à la cote 0^{m}52. La galerie était épuisée par des pompes.

Après plusieurs jours d'épuisement, le niveau de la Garonne, près des berges, au droit de la tranchée, étant, le 20 novembre 1858 :

à la cote..........................	1^{m}97
celui de l'eau de la galerie à la cote	0^{m}54
d'où il résulte une charge de..........	1^{m}43

le déversoir débitait 2^{l}15 par seconde, ou 186^{mc}60 par 24 heures.

On descendit le radier de la galerie à la cote 0^{m}40 du

garonnomètre, c'est-à-dire à 0^m55 au-dessous de sa position primitive. Le seuil du réservoir était à la côte 0^m30.

Dans ces conditions, le niveau de la Garonne, près des berges, étant, le 13 janvier 1859 :

à la cote.........................	+ 2^m10
et celui de l'eau, dans la galerie à la cote..........................	— 0^m28
d'où il résulte une charge de........	2^m38

le déversoir débitait 3^l91 par seconde ou 340^{mc} par 24 heures.

Le débit, dans ce cas, croît un peu plus rapidement que la charge, car il n'aurait dû être que de 3^l58 et il fut de 3^l91. Cet écart est dû à l'augmentation de perméabilité du sol traversé qui présentait un gravier plus gros.

La loi de la proportionnalité des volumes et des charges se vérifie de nouveau.

Dans des conditions identiques, mais après avoir donné au radier une largeur double, c'est-à-dire l'avoir porté à 1^m20, on obtint le résultat suivant :

Le niveau de l'eau de la Garonne près des berges, étant, le 7 janvier 1859 :

à la cote.........................	+ 2^m33
et celui de l'eau dans la galerie à la cote..........................	— 0^m05
d'où il résulte une charge de.......	2^m38

égale à la précédente, le déversoir débita 6^l09, ou 528^{mc} par 24 heures, tandis que dans l'expérience précédente, ce débit n'était que de 340^{mc}. On obtint donc, sous une même charge, et pour une largeur double, un volume plus grand dans le rapport de 1 à 1,55.

Etude des filtres de d'Aubuisson par Guibal. — Guibal appliqua ces résultats à l'étude des filtres établis par d'Aubuisson et montra combien ils étaient loin de don-

ner l'eau qu'on pouvait espérer soutirer à l'alluvion de la Prairie.

La galerie du troisième filtre, distante de 40 mètres de la rivière, qui avait 270 mètres de longueur filtrante et 0^m60 de largeur, dont le radier était à la cote 0^m80 du garonnomètre, fournissait, sous une charge de 1^m23, 120 pouces d'eau ou 2.400 mètres cubes par 24 heures.

D'après Guibal, cette galerie avancée jusques à 20 mètres de la rivière, devait avoir son débit doublé.

Dans les mêmes conditions, mais le radier abaissé de manière à porter la charge à 2^m38, le débit s'élevait à 8.280 mètres cubes par 24 heures.

Enfin, en doublant la longueur de la galerie, le débit devait être porté à 14.380.

En donnant à la galerie une largeur *maxima*, c'est-à-dire 540 mètres, comme le permettait l'étendue de berge dont on disposait, on pouvait obtenir facilement 1.500 pouces; c'est-à-dire 30.000 mètres cubes par 24 heures.

Le deuxième filtre, à 10 mètres du bord, formé par onze puits de 1 mètre de diamètre, reliés entre eux, a un développement de 90 mètres de longueur; le débit étant de 80 pouces ou 1.600 mètres cubes par 24 heures pendant les eaux moyennes.

Le troisième, éloigné de 40 mètres du bord de la rivière, avait 270 mètres de longueur; sous une charge presque égale à celle du deuxième filtre, le rendement s'élevait à 120 pouces ou 2.400 mètres cubes par 24 heures.

Le deuxième filtre qui avait un développement trois fois moindre que le troisième, mais qui était quatre fois plus près de la rivière, devait avoir un débit égal aux 4/3 de celui du troisième filtre, c'est-à-dire de 160 pouces ou 3.200 mètres cubes par 24 heures. Or, ce débit n'était que de 80 pouces, c'est-à-dire moitié moindre. Cette infériorité du deuxième filtre s'expliquait par la nature des terrains traversés. Le troisième filtre, en effet, était situé dans la par-

tie de la Prairie dont les bords et le fond étaient balayés par un courant rapide empêchant le sable et le gravier de s'encrasser. Le deuxième filtre, au contraire, était creusé dans la partie aval de la Prairie, dans un dépôt de limon de un mètre environ d'épaisseur, près des bords, et allant en diminuant sur une largeur de 20 à 30 mètres dans la partie où les berges ne sont pas parallèles au courant. Cette particularité avait d'ailleurs été signalée par d'Aubuisson.

Enfin, Guibal (1) fit une série de jeaugeages des eaux des premier et troisième filtres de d'Aubuisson, les machines n'élevant que les eaux de ces deux filtres, et compara les débits obtenus aux différents niveaux du fleuve.

Ces jeaugeages furent faits en observant, pendant plusieurs jours consécutifs, la marche des pompes ou des roues et le niveau des eaux dans les puisards, les roues ayant une vitesse constante et le niveau de l'eau dans les puisards étant au point le plus bas.

Pendant la durée des observations, du 6 septembre 1859 au 9 du même mois inclusivement, le niveau de la rivière était à la cote de 2 mètres au garonomètre du pont, niveau adopté par d'Aubuisson pour l'étiage de la Garonne.

Les résultats sont consignés dans le tableau page 137.

Les observations étaient prises six fois par jour, de six heures du matin à 9 heures du soir. Elles montrèrent une relation étroite entre les variations de niveau de la rivière et le produit de la filtration.

En effet, périodiquement, du jour à la nuit, aux heures des cessation et de reprise du travail du moulin du Bazacle et des usines qui prennent les eaux motrices dans le même bassin de retenue, une variation de $0^{m}10$ s'est produite dans le niveau de la Garonne comme l'indique la colonne 3. Pour cette faible variation, avec un épuisement assez régulière-

(1) Voir : *Jeaugeage des eaux fournies par les filtres de Toulouse pendant l'étiage de la Garonne*, par M. J. Guibal (Mém. de l'Ac. des sciences de Toulouse, 1860).

ment soutenu, le niveau de l'eau dans les puisards s'élève, de 9 heures du soir à 6 heures du matin (cessation du travail dans les usines), tandis qu'il descend, de 6 heures du matin à

DATES des OBSERVATIONS	HEURE des OBSERVATIONS	HAUTEUR DES EAUX				DURÉE des cinq tours des roues ou de cinq coups des huit pompes
		au garonnomètre du Pont	devant les roues	derrière les roues	dans les puisards	
1	2	3	4	5	6	7
sept. 1859	h.	m.	m.	m.	m.	
6	6 matin.	2,10	1,90	0,25	0,28	55″
	9 id.	2,00	1,80	0,20	0,23	56
	12 id.	2,00	1,80	0,30	0,28	60
	3 soir.	2.00	1,80	0,20	0,15	54
	6 id.	2,00	1,80	0,26	0.18	56
	9 id.	2,10	1,90	0,28	0,17	55
7	6 matin.	2,10	1,90	0,26	0,24	55
	9 id.	2.00	1,80	0,25	0,20	56
	12 id.	2,00	1.80	0,10	-0,07	50
	3 soir.	2,00	1,80	0,15	0,10	53
	6 id.	2,00	1,80	0,17	0,11	55
	9 id.	2,10	1,90	0,20	0,18	56
8	6 matin.	2,10	1,90	0,19	0,23	56
	9 id.	2,00	1,80	0,24	0,21	56
	12 id.	2,00	1,80	0,15	0,17	55
	3 soir.	2,00	1.80	0,13	0,15	55
	6 id.	2,00	1.80	0,13	0,14	55
	9 id.	2,10	1,90	0,15	0,17	54
9	6 matin.	2,10	1,90	0.13	0,27	55
	9 id.	2,00	1,80	0,12	0,13	55
	12 id.	2,00	1,80	0,12	0,15	55
	3 soir.	2,00	1,80	0,13	0,17	56
	6 id.	2,00	1,80	0,16	0,19	57
	9 id.	2,10	1,90	0,20	0,23	55
Totaux..........		m. 48,80	....		m. 4,26	1325″
Moyennes........		2,033	....		0,177	55″21

9 heures du soir (reprise du travail dans les usines), comme l'indiquent, à quelques écarts près, les chiffres de la sixième colonne. Il est à noter que ces faibles variations pério-

diques se transmettent à travers une épaisseur de 40 à 50 mètres de terrain filtrant.

Les chiffres de la septième colonne indiquent la vitesse des roues. Cette vitesse n'a pu être maintenue constante par uite du fonctionnement de l'usine Abadie, établie sur le canal de fuite du château-d'eau. On fut alors obligé d'observer la durée d'un nombre constant de révolutions des roues. Le nombre adopté pour unité de mesure était de cinq. La durée moyenne de ces cinq révolutions des roues hydrauliques fut, pour les 24 observations, de 55″21.

Le jaugeage de l'eau élevée par les pompes mues par les roues donne, pour la vitesse de cinq tours en 55″21, un produit de 216^{e}71.

Les 12 et 13 septembre le niveau de la Garonne descendit à la cote 1^{m}90. Les observations faites dans ces conditions sont rapportées dans le tableau suivant :

DATES des OBSERVATIONS 1	HEURE des OBSERVATIONS 2	HAUTEUR DES EAUX au garonnomètre du Pont 3	devant les roues 4	derrière les roues 5	dans les puisards 6	DURÉE des cinq tours des roues ou de cinq coups des huit pompes 7
	h.	m.	m.	m.	m.	
12 sept^{re}	9 matin.	1,90	1,70	0,18	0.15	59″
	3 soir.	1,90	1.70	0,12	0 10 .	57
	6 id.	1,90	1,70	0.10	0,07	36
	9 id.	2,00	1,80	0,19	0,16	56
13 id.	9 matin.	1.90	1,70	0,19	0,21	60
	12 id.	1 90	1.70	0,16	0.17	57
	3 soir.	1,90	1,70	0.14	0,15	57
	9 id.	2,00	1,80	9.25	0,23	58
TOTAUX..........		m. 15 40	....		m. 1,24	460″
MOYENNES		1.925	....		0,155	57″50

La vitesse des roues avait été ralentie pour maintenir l'équilibre entre l'eau fournie par les filtres et celle élevée

par les pompes. La durée des cinq tours s'est élevée, comme l'indique la moyenne du second tableau, à 57'50.

Le jaugeage de l'eau élevée par les huit pompes fut trouvé de 204°01.

Guibal fait encore remarquer à ce propos, « que cette différence dans le produit des filtres a été déterminée par un faible abaissement des eaux de la Garonne, et que même, dans ces proportions restreintes, on voit se réaliser le principe de la proportionnalité entre les volumes et les charges dans l'écoulement de l'eau à travers les terrains filtrants. »

La comparaison des résultats de ces deux séries d'observations montre que le produit de jaugeage a varié à très peu près dans le même rapport que la différence moyenne des hauteurs comprises entre les eaux de la Garonne et celle des puisards.

Guibal fait en outre observer que cette différence de hauteur n'est pas l'expression réelle de la charge moyenne sur le développement des galeries de filtration, mais qu'elle lui est proportionnelle, par suite de la continuité, sans accidents brusques, et à peu près en ligne droite, de la surface du liquide dans ces galeries depuis leur origine jusque dans les puisards.

Dans la seconde série d'observations, la différence moyenne des hauteurs ou la hauteur proportionnelle à la charge moyenne sur les filtres fut :

$$1^{m}925 - 0{,}155 = 1{,}77.$$

Dans la première série d'observations, cette différence avait été :

$$2^{m}032 - 0{,}177 = 1{,}856.$$

Enfin le jaugeage a donné :

Dans le second cas.................... 204°01
Dans le premier...................... 216°71

Si, dans l'hypothèse de la proportionnalité entre les volumes et les charges on pose la proportion

$$1^m770 : 1^m856 :: 204^c01 : x$$

On trouve $x = 213^c95$, tandis que le jaugeage a donné 216^c71.

La différence ou l'erreur n'est que de 2^c76.

Dans l'hypothèse des volumes proportionnels aux racines carrées des charges, on aurait :

$$\sqrt{1.770} : \sqrt{1.856} :: 204^c,01 : x;$$

D'où $x = 208^c90$, ce qui donne une différence en moins de 7^c81 sur le produit déterminé par le jaugeage.

Cette différence étant sensiblement plus grande que celle qui résulte de la même proportion quand on supprime les radicaux, on en peut conclure que, si la première hypothèse ne s'accorde pas rigoureusement avec l'expérience, elle s'en rapproche beaucoup plus que la seconde.

Discussion du principe de la filtration naturelle.

La théorie de la filtration naturelle a été attaquée dans son principe par divers auteurs. Belgrand, l'éminent ingénieur de la Seine et après lui bien d'autres, tels que Bechmann et Duclaux, ont soutenu que les galeries filtrantes creusées dans les graviers des berges recueillaient non pas l'eau de la rivière comme on le croyait, mais celle de la nappe phréatique. « On a prétendu, dit Belgrand (1), qu'on pouvait filtrer les eaux des rivières dans les graviers des berges.

» L'eau qui circule dans ces graviers ne provient pas des rivières ; elle est toujours à un niveau plus élevé, et pro-

(1) *La Seine*, p. 463.

vient, par conséquent, des nappes souterraines. Si donc on se contentait de prendre l'eau dans ces graviers sans abaisser son niveau, on serait certain de ne pas recevoir une seule goutte d'eau provenant de la rivière.

» Mais on admet généralement qu'en abaissant notablement le niveau de l'eau de la tranchée, au-dessous de celui de la rivière, on fait appel à l'eau de cette dernière, et qu'on obtient ainsi un filtrage naturel. Telle est l'opinion de plusieurs ingénieurs distingués, notamment celle de Darcy.

» J'ai été conduit à une opinion opposée par l'étude des faits ; suivant moi, l'eau des galeries filtrantes provient en grande partie des nappes souterraines. »

Cette opinion ruinerait complètement les espérances fondées sur les filtres naturels. Nous nous proposons de la discuter, du moins pour ce qui concerne les filtres de Toulouse.

Critique. — Belgrand base son opinion sur les deux faits suivants : 1° La nappe qui alimente les filtres naturels est à un niveau plus élevé que la rivière ; 2° Les eaux recueillies dans de tels filtres ont un degré hydrotimétrique plus élevé que celles de la rivière.

1° Arguments tirés des différences des niveaux.

Belgrand avait remarqué en creusant l'égout d'Asnières, à moins de deux kilomètres de la Seine, que la nappe d'eau dans les sables moyens, au point de partage, était à 8 mètres au-dessus du niveau du fleuve. Nous connaissons la déduction qu'il tira de ce fait.

Si on compare, à Toulouse, le niveau de la Garonne à celui de la nappe d'eau qui alimente les filtres, on constate, comme le fait remarquer M. l'ingénieur Quintin, « que les niveaux statiques sont toujours compris entre ceux des eaux du fleuve, et lorsque les machines fonctionnent, les niveaux de l'eau dans les filtres sont constamment inférieurs à ceux du fleuve.

» En étiage, les dénivellations obtenues, lorsque les machines fonctionnent, sont les suivantes :

Galerie Guibal.................	1m50
Galerie de Portet...............	1m50
Puits de Portet.................	4m00
Puits de Braqueville............	2m73

» Belgrand et Duclaux, mal renseignés, ont écrit à tort qu'à Toulouse le niveau de la Garonne était toujours inférieur à celui de la nappe. » (Rapport 1895).

Guibal a montré, par de nombreux jaugeages des filtres de Toulouse, les relations qui existent entre le niveau de la Garonne et celui des puisards. Nous avons vu qu'une faible variation dans le niveau du fleuve se fait sentir d'une manière appréciable dans le niveau de l'eau des puisards, malgré une épaisseur de 30 à 40 mètres de terrain interposé entre le fleuve et les filtres.

Il ne faudrait pas conclure de là que l'eau des filtres n'a de rapports qu'avec le fleuve et en provient exclusivement. La même relation existe entre l'eau des filtres et celle de la nappe phréatique et nous montre ainsi que les divers phénomènes physiques qui s'accomplissent dans les galeries et les puits, sont sous la dépendance étroite du fleuve et de la nappe.

A la suite des travaux entrepris pour l'établissement des galeries filtrantes dans la prairie qui est au pied du cours Dillon et dans l'îlot Vivent, les puits voisins, dans le quartier Saint-Cyprien, eurent leur niveau abaissé et certains même furent mis à sec. M. le docteur Garrigou, qui fit une enquête à ce sujet. raconte, dans son ouvrage *des Filtres et des Fontaines de la ville de Toulouse*, l'histoire d'un de ces puits appartenant à M. Sevin. Le puits de M. Sevin était alimenté par deux sources dont l'une coulait à 1m70

environ au-dessus du niveau de la Garonne. Quand on creusa la tranchée de la galerie Guibal, la source élevée se tarit, l'autre diminua et le puits finit même par être mis à sec. Il fallut abaisser le radier du puits pour avoir de l'eau. Le même phénomène se produisit lorsqu'on prolongea la galerie filtrante ; le débit du puits diminua et il fallut l'abaisser pour avoir un débit suffisant. Depuis cette époque, le niveau du puits resta à peu près constant.

Le même fait se reproduisit d'ailleurs dans la majeure partie des puits de la rue Laganne, de l'avenue de la République et de la rue de Muret, mais à un moindre degré que dans le puits Sevin. La sécheresse ne saurait être invoquée comme cause de cet abaissement du niveau de la nappe phréatique de Saint-Cyprien, puisque les pluies les plus abondantes n'ont pu faire reprendre aux puits leurs anciens niveaux. Enfin, la fermeture de la galerie Vivent entraîna une élévation de 1^{m}10 dans le niveau des puits voisins.

Quand on établit la galerie de Portet, on observa également un abaissement dans le niveau des puits des environs. Les habitants de la région firent même, à ce sujet, un procès à la ville.

On peut résumer, dans les résultats suivants, l'étude des relations qui existent entre les niveaux de la Garonne, de la nappe phréatique et de la nappe qui alimente les filtres de Toulouse.

1° A Toulouse, le niveau statique de la nappe qui alimente les filtres ne s'éloigne jamais des limites des niveaux du fleuve. Pendant l'épuisement, le niveau de la nappe des filtres est inférieur à celui du fleuve ;

2° Les variations même très faibles dans les niveaux de la Garonne se transmettent à la nappe des filtres ;

3° Le niveau de la nappe phréatique est influencé par le voisinage des puits et galeries filtrantes.

2° Arguments tirés de la composition chimique des eaux des filtres naturels.

Belgrand avait remarqué que les degrés hydrotimétriques des eaux filtrées naturellement étaient plus élevés que ceux des eaux des rivières qui les alimentaient, suivant l'opinion courante.

A Lyon, dans le bassin du Rhône, un essai hydrotimétrique, fait le 28 janvier 1860, lui donna le résultat suivant :

Eau puisée dans le Rhône	16°
— dans la galerie filtrante	17,94
— dans un autre bassin de filtration.	18,43
— dans un puits du voisinage	23,77

A Fontainebleau, dans le bassin de la Seine, l'essai du 27 avril 1859 donna :

Eau de la galerie	21°20
Eau du fleuve	16,73
Sources voisines	19,60 à 28°80

A Nevers, dans le bassin de la Loire (3 février 1862) :

Eau de la Loire	4°96
Eau du puisard	20°70

Enfin, à Toulouse, dans le bassin de la Garonne, l'essai du 30 janvier 1862 donna les degrés suivants :

Eau puisée dans la Garonne à Toulouse	13°31
Eau de la galerie de filtration	15°92

Ces observations, prises par Belgrand dans le bassin des quatre grands fleuves de la France, lui firent conclure que l'influence de la nappe phréatique était prépondérante sinon exclusive dans les filtres naturels. Cette conclusion nous paraît un peu trop absolue, du moins pour ce qui concerne les filtres de Toulouse. Belgrand a omis de comparer les eaux

des filtres avec celle de la nappe phréatique, ce troisième terme de comparaison est cependant indispensable pour baser une opinion.

Donc, pour connaître l'origine des eaux qui alimentent nos filtres naturels, il faut comparer leur composition chimique à celles de la Garonne et de la nappe phréatique.

Nous avons ainsi a examiner successivement :

1° L'eau de la Garonne ;

2° L'eau de la nappe phréatique ;

3° L'eau des filtres.

1° Eau de la Garonne. — D'après M. Jacquot (1), on peut faire trois parts des divers éléments minéralisateurs de l'eau de la Garonne provenant des roches de la région :

La première part comprend : la silice et les sels alcalins qui entrent pour 0 gr. 0594 dans le résidu fixe. Elle provient de la décomposition des roches granitiques des hautes régions des Pyrénées où naissent les sources de la Garonne et de ses affluents.

La deuxième part, formée par l'élément carbonaté correspondant à 0 gr. 0679, est empruntée aux masses calcaires très puissantes que l'on rencontre dans la chaîne.

Quant à la troisième part, elle est représentée par le chlorure de sodium que le Salat apporte à la Garonne après avoir traversé des couches de sel gemme.

Enfin, on a constaté également dans l'eau de la Garonne la présence du manganèse qui entre pour 0 gr. 003 dans le résidu fixe sous forme de carbonate de manganèse. Le manganèse se retrouve avec assez d'abondance sous forme d'oxyde noir de manganèse dans les alluvions anciennes des terrasses.

2° Eau de la nappe phréatique. — L'eau de la nappe

(1) Voir rapport du 9 décembre 1889 du Comité consultatif d'hygiène.

phréatique se différencie de celle de la Garonne par une teneur en sels beaucoup plus grande. Parmi ces derniers, l'élément calcaire domine. L'eau de certains puits cuit mal les légumes et dissout incomplètement le savon. On la reconnait à son degré hydrotimétrique élevé et à son résidu salin abondant.

3° EAU DES FILTRES. — Si l'eau des filtres provient presque exclusivement de la nappe phréatique, comme le prétend Belgrand, elle doit se rapprocher par sa composition beaucoup plus de l'eau de la nappe que de celle de la rivière.

Or, les résultats obtenus par Belgrand lui-même ne montrent que des différences de 2°5 entre les degrés hydrotimétriques des eaux du fleuve et des filtres. Nous allons voir que l'écart est beaucoup plus grand entre le degré des eaux des filtres et de la nappe phréatique.

En outre, dans ces observations il faut tenir compte de l'influence des épuisements prolongés sur la composition chimique de l'eau des filtres. Les expériences (1) faites par MM. les docteurs Brouardel et Ogier, dans l'alluvion de Canti, situé vis-à-vis de celle de Portet, et de même nature, sont, à cet égard, des plus instructives :

Six puits avaient été creusés près de la rivière. On fit deux séries d'analyses : les unes avant l'épuisement, les autres après l'épuisement. On compara ensuite ces résultats, d'une part, aux analyses des eaux de la Garonne et de l'Ariège et, d'autre part, aux analyses de l'eau des puits des fermes voisines.

Avant l'épuisement la composition chimique de l'eau des puits d'expérience se rapprochait beaucoup de celle de la nappe phréatique. Les degrés hydrotimétriques des eaux de la Garonne et de l'Ariège, à peu près identiques, étaient de

(1) Rapport du 5 mai 1890, par MM. Brouardel et Ogier au Comité consultatif d'hygiène.

15° ; le résidu sec 0gr155. Les degrés hydrotimétriques des eaux des six puits d'expérience étaient beaucoup plus élevés et variaient de 18 à 36, et les résidus secs de 0gr273 à 0gr043. La chaux était abondante : de 0gr104 à 0gr146. La proportion de chlore qui était de 0,006 dans l'eau du fleuve, oscillait entre 0,014 et 0,029 dans les puits ; l'acide nitrique qui ne dépasse pas 0,003 dans l'eau de la rivière, variait de 0,003 à 0,012 dans l'eau des puits.

Les puits du hameau de Canti, éloignés du fleuve et alimentés par conséquent d'une façon presque exclusive par la nappe phréatique comme celui de la ferme de Bouchounade, donnaient des degrés hydrotimétriques de 30° ; une proportion de chlore variant de 0,025 à 0,034 ; la prédominance de la nappe s'accentuait pour le puits de la ferme Fourbet, dont le degré hydrotimétrique est de 35 et la proportion de chlore de 0,038.

Ces différences tiennent aux positions de ces puits par rapport à la rivière, d'une part, et aux coteaux de l'autre. Les quantités des éléments minéraux augmentent à mesure que la distance des puits aux coteaux est moindre. La nappe qui descend de ces coteaux, plus minéralisée que les eaux d'infiltrations de la Garonne, a un accès plus facile dans ces puits. C'est ce qui explique les chiffres élevés fournis par le puits de la ferme Fourbet, situé au pied des coteaux de Vieille-Toulouse.

Après un épuisement prolongé de douze heures, on constata que la quantité de matières organiques, de nitrates et de chlore contenus dans l'eau des puits d'expérience, était moindre. Pour les résidus fixes, les résultats obtenus ne furent pas très nets ; néanmoins, pour certains puits les différences dans la composition chimique, avant et après l'épuisement, furent très marquées. Les éléments minéraux avaient diminué, d'une façon assez notable, après l'épuisement, ce qui indiquait, comme le font remarquer MM. Brouardel et Ogier, un afflux plus considérable des eaux du fleuve.

M. l'ingénieur Quintin fait observer que « si l'on avait épuisé la nappe pendant plusieurs jours, de façon à renouveler entièrement l'eau de l'alluvion de Canti, la composition de l'eau recueillie serait devenue presque identique à celle du fleuve ; car, à Canti, la nappe souterraine est presque exclusivement alimentée par la Garonne et l'Ariège, le tuf imperméable affleurant à quelques centaines de mètres de leurs berges. » (Rapport de 1895.) Cette remarque nous semble d'autant plus justifiée que les graviers de l'alluvion de Canti sont légèrement calcaires, comme l'ont constaté MM. Brouardel et Ogier, sur un échantillon qui contenait un peu plus de 2 p. 100 de carbonate de chaux.

Ceci posé, il ne nous reste plus qu'à examiner l'eau de chaque filtre et à la comparer chaque fois à la Garonne et à la nappe phréatique.

Filtres de la Prairie. — La commission de 1859 avait fait creuser, comme nous l'avons vu dans un chapitre précédent, une tranchée d'essai pour avoir des données exactes sur l'eau que l'on pourrait recueillir dans la galerie proposée par Guibal. Les analyses furent faites par M. Filhol.

« L'eau de cette tranchée, dit M. Filhol, enlevée continuellement au moyen de pompes, se renouvelait avec une grande rapidité.

..... » M. Guibal a fait recueillir à plusieurs reprises des échantillons de cette eau. Il avait soin de faire prendre, le même jour, un échantillon d'eau dans la Garonne et un autre dans l'ancien filtre. Ces divers échantillons ont été examinés comparativement ; le résultat de l'analyse a été le suivant (Voir le tableau page 149.)

(Nous rappelerons que la tranchée était à une distance de 10 mètres de la Garonne et le troisième filtre de d'Aubuisson à 40 mètres.)

» Ainsi, l'eau de la fouille a constamment donné moins de résidu que celle du troisième filtre et elle en a donné un

peu plus que celui de la Garonne. La quantité de sels devient plus grande à mesure que l'épaisseur de la couche filtrante s'accroît. Les degrés hydrotimétriques montrent d'ailleurs

DATES DES EXPÉRIENCES	EAU du fleuve	EAU de la fouille	EAU des anciens filtres
31 décembre 1858	gr. 0,171	gr. 0,168	gr. 0,170
1er janvier 1859	0,162	0,162	0,167
2 » »	0,162	0,162	0,174
3 » »	0,162	0,166	0,168
4 » »	0,160	0,163	0,165
5 » »	0,168	0,172	0,176
6 » »	0,165	0,170	0,172
Degrés hydrotimétriques			
31 décembre 1858	gr. 6,33	gr. 6,66	gr. 7,00
1er janvier 1859	6,30	6,60	6,90
2 » »	5,83	6,42	6.83
3 » »	5,66	6,30	6,42
5 » »	5,83	6,66	6,83
5 » »	5,83	6,00	6,83
6 » »	5,83	6,16	6,83

que l'eau s'enrichit en éléments calcaires lorsque l'épaisseur des filtres est plus grande. Enfin, nous avons constaté que le résidu fourni par l'eau du troisième filtre est plus blanc que celui de l'eau de la Garonne et que celui de la fouille,

parce qu'il est moins ferrugineux que ce dernier. L'eau paraît se dépouiller du fer qu'elle tient en dissolution, en même temps qu'elle se charge d'une plus forte proportion de carbonate de chaux.

» En résumé, l'eau prise dans la fouille exécutée au bord de la Garonne est plus pure que celle de l'ancien filtre ; elle est un peu plus ferrugineuse et moins calcaire ».

Donc, plus un filtre est près du fleuve et moins son eau est minéralisée.

Eau de la galerie Guibal. — M. le docteur Garrigou a fait des analyses comparatives d'eau de la Garonne, de la galerie Guibal et de son prolongement dans l'îlot Vivent et d'un puits voisin appartenant à M. Sevin, dont nous avons eu déjà l'occasion de parler.

Dans une première série d'analyses, M. le docteur Garrigou ne dosa que la chaux et la magnésie et n'examina que l'alcalinité et le résidu total. Cet examen, répété dix jours de suite, donna les résultats qui sont rapportés dans le tableau, page 151.

On peut remarquer que les différences entre les quantités de chaux et de magnésie dans ces diverses eaux sont assez tranchées. L'eau du puits Sevin renferme environ deux fois plus de chaux que l'eau de la Garonne ; l'opposition est encore plus marquée pour la magnésie ; l'eau de la galerie Vivent tient le milieu. La même remarque s'applique au résidu total.

M. le docteur Garrigou fit ensuite l'analyse complète de ces trois sortes d'eau et en dressa le tableau que nous reproduisons page 152. Dans ce tableau se trouve, en outre, l'analyse de l'eau de la galerie de la Prairie et de l'eau de la Garonne faite par Henri Deville. Les résultats de cette analyse diffèrent très peu de ceux obtenus par M. le docteur Garrigou. Les différences s'expliquent par ce fait que M. le docteur

Garrigou a opéré après une crue sur une eau fraîchement puisée, tandis que H. Deville a analysé l'eau transportée.

Une partie de ces résultats a été vérifiée au Conservatoire

CHAUX — Ca O				MAGNÉSIE — Mg O			
DATES	GARONNE	VIVENT	PUITS	DATES	GARONNE	VIVENT	PUITS
20 Février 1872	0 012	0,022	0.037	20 Février 1872	0,001	0,002	0,009
21 » »	0,013	0,021	0,047	22 » »	0,001	0,003	0.004
22 » »	0,020	0,036	0,040	3 Mars »	0,002	0,004	0,005
25 » »	0,018	0,031	0,054	6 » »	0,001	0,004	0,009
26 » »	0,016	0,031	0,054	7 » »	0,002	0,003	0,006
27 » »	0,018	0,033	0,054				
3 Mars »	0,015	0,020	0,036				
5 » »	0,011	0,020	0,024				
6 » »	0,012	0.016	0,022				
7 » »	0,017	0,018	0,035				
20 Février 1872	0,156	9,286	0,329	Alcalinité.			
21 » »	0,145	0,280	0,324				
20 Février 1872	0 2425	0,3525	1,0500	Résidu total.			

par M. L'Hôte, au laboratoire particulier de M. Champion, et enfin au laboratoire de l'Union nationale par M. G. Tissandier. Ces chimistes ont montré que la teneur en chlore de l'eau de la galerie Vivent est intermédiaire entre les quantités de ce même corps dans l'eau de la Garonne et celle du puits Sevin.

Analyses quantitatives sur un litre

EAU PUISÉE le 14 mars 1872.	Acide carbonique	Acide sulfurique	Acide azotique	Silice	Chlore	Potasse	Soude	Ammoniaque	Chaux	Magnésie	Alumine	Fer	Matière extractive	Matière organique
Puits Sevin...........	0,5874	0,0728	0,0082	0,0051	0,0590	? 0,0017	0,508	0,0003	0,2198	0,0284	0,0011	Traces		? 0.0612
Galerie prairie..........	0,2235	0,0118	0,0015	0,0060	0,0033	0,0015	0,0153	0,0009	0,0798	0.0089	0,0030	0.0025		? 0,0280
Galerie Vivent..........	0.3622	0,0223	? 0,0084	0,0085	0,0069	0,0080	0,0207	0,0023	0,1157	0,0150	0,0300	0,0450	0,0015	? 0.0320
Garonne................	0,1191	0,00102	0,0016	0,0052	0,0022	0,0046	0,0056	0,0011	0,0646	0,0081	0,0105	0,0085		? 0,0120
Garonne (H. Deville).....	0,0783	0.0078		0,0401	0,0019	0,0034	0,0058		0,0361	0,0009		0,0064		
EAU PUISÉE le 6 avril 1871.														
Galerie Vivent..........	0,1179	0,209	0,0018	0,0048	0,0030	0,001	0,0023	0,0010	0,0943	0,009	0 0150	Traces		? 0,030
Fontaine du Laboratoire.	0,3217	0,0158	0,0003	0,0068	0,0039	0,0032	0,0167	0,0053	0,0826	0,0085	0,0152	0,0275		? 0,0140

Les échantillons avaient été prélevés le 14 mars 1872: l'eau de la Garonne donna une proportion de chlore de 0,0024, celle de la galerie Vivent de 0,0066 et celle du puits de 0,0600.

Dans le compte rendu de ces analyses, M. le docteur Garrigou s'exprime en ces termes :

« Chacune des trois espèces d'eau est parfaitement limpide en temps ordinaire. L'eau de la Garonne seule se trouble à la suite des pluies. Toutes trois ramènent au bleu la teinture de Tournesol rougie par un acide; le phénomène est plus intense avec l'eau de puits qu'avec l'eau du filtre, qui la bleuit elle-même plus promptement que celle de la Garonne.

» L'ébullition produit un trouble très prononcé dans l'eau de puits, par suite de la précipitation de carbonate de chaux. Ce trouble est encore très sensible dans l'eau des filtres, et un peu moins dans l'eau de la Garonne.

» La constatation des acides carbonique et sulfurique de la chaux, de la magnésie dans les trois eaux, permet de dire, au simple coup-d'œil, que l'eau du filtre Vivent fournit constamment des précipités moins abondants que ceux de l'eau de puits, et plus abondants que ceux de l'eau de la Garonne.

» En outre de la potasse et de la soude, j'ai constaté dans les trois sortes d'eau la présence de la lithine, au moyen du spectroscope. L'eau de la Garonne paraissait en contenir beaucoup plus que les deux autres.

» Les nitrates, très abondants dans l'eau de puits, l'étaient beaucoup moins dans l'eau des filtres et dans celles de la Garonne.

» L'ammoniaque abondait dans l'eau des filtres, surtout dans l'eau recueillie après son passage dans les deux châteaux-d'eau.

» Je n'ai pu constater la présence d'aucune trace d'iode dans 30 litres de trois espèces d'eaux.

» L'oxyde de fer, très peu abondant dans l'eau des puits et dans l'eau de la Garonne, existait en quantité très notable dans l'eau des filtres ». (Dr Garrigou, *Les Filtres et les Fontaines de Toulouse.*)

D'après le tableau comparatif des analyses minérales des eaux des filtres de la Garonne et de la nappe phréatique faites par le Comité consultatif d'hygiène et que nous avons dressé (page 158), on peut constater à nouveau que l'eau de la galerie Guibal a une composition à peu près intermédiaire entre celle de la Garonne et de la nappe phréatique. En effet, le degré hydrotimétrique de la Garonne ne dépasse pas 13; celui de la nappe s'élève à 23; le degré de l'eau du filtre, qui est de 17, est donc intermédiaire. De même pour le résidu à 110°: le résidu de l'eau de la Garonne est de 139; celui de la nappe de 324, c'est-à-dire plus du double; le résidu de l'eau filtrée est représenté par le nombre 191,8, qui se rapproche davantage de celui qui correspond à l'eau de la rivière.

Eau des filtres de Portet. — M. le docteur Garrigou, à la suite des travaux de Belgrand, sur la filtration naturelle, et pour montrer l'influence de la nappe phréatique sur les produits de filtration de la galerie de Portet, compara les résidus salins de l'eau de la Garonne et de la nappe avec celui de l'eau du filtre. Les résultats qu'il obtint en 1872 sont comparables, sous ce rapport, avec ceux des analyses de vérification faites en 1885.

	Garonne.	Filtres de Portet.	Puits.
Résidu salin d'un litre en 1885...	0gr,138	0gr,188	0gr,539
Résidu salin d'un litre en 1872...	0gr,2425	0gr,2794	1gr,050

Dans ces deux séries d'analyses, le résidu salin d'un litre d'eau de puits est plus abondant que celui de l'eau de la Garonne. Les différences sont un peu plus grandes que du

simple au double. Le résidu salin de l'eau du filtre est exprimé par un nombre intermédiaire qui se rapproche davantage de celui du fleuve.

D'ailleurs, le tableau des degrés hydrotimétriques de l'eau de la Garonne et de celle des filtres de Portet, dressé sous la direction de M. l'ingénieur de la ville, et que nous reproduisons (page 156), montre que, sous ce rapport, les différences entre ces deux eaux sont absolument insignifiantes.

Les résultats obtenus par M. le docteur Garrigou sur des échantillons prélevés par M. l'ingénieur de la ville, et dont nous donnons le tableau, mettent en relief la même constatation.

Résultats obtenus par M. le Docteur GARRIGOU.

ENVOIS	Température	DEGRÉS hydrotimétriques	DENSITÉS
1e Envoi.			
Eau de la galerie de Portet	9°	14°	1000,12
Eau des puits	8	14,8	1000,211
Eau de Garonnne	7	15,4	1000,260
2e Envoi			
Eau de la galerie de Portet	9	15	1000,341
Eau des puits	10	13,5	1000,296
Eau de Garonne	?	10, ?	1000,324
3e Envoi.			
Eau de la galerie de Portet	14	12	»
Eau des puits	»	»	»
Eau de Garonne	12	12	»

DATES des EXPÉRIENCES	DEGRÉ DES EAUX de Portet		DEGRÉ DES EAUX de Braqueville	
	Bâche	Garonne	Bâche	Garonne
1er décembre 1893	12°	12°	14°	13°
2 » »	13	13	15	14
4 » »	13	14	15	15
6 » »	14	14	14	15
8 » »	14	14	14	15
10 » »	14	15	»	»
12 » »	14	14	»	»
14 » »	14	15	»	»
16 » »	12	14	»	»
18 » »	13	14	»	»
20 » »	14	15	»	»
22 » »	13	14	»	»
24 » »	»	»	»	»
26 » »	»	»	»	»
28 » »	13	14	13	14
30 » »	12	14	13	14
2 janvier 1894	13	14	»	»
4 » »	»	»	»	»
6 » »	»	»	»	»
8 » »	»	»	»	»
10 » »	14	15	14	15
12 » »	13	15	»	»
15 » »	12	14	13	14
16 » »	13	14	13	14

DATES des EXPÉRIENCES	DEGRÉ DES EAUX de Portet		DEGRÉ DES EAUX de Braqueville	
	Bâche	Garonne	Bâche	Garonne
18 janvier 1894	»°	»°	»°	»°
20 » »	12	14	13	14
22 » »	12	14	12	13
24 » »	13	15	13	15
26 » »	12	15	13	15
28 » »	13	14	13	15
30 » »	12	14	13	15
1er février 1894	13	14	13	15
2 » »	12	14	13	14
4 » »	13	14	13	14
6 » »	12	14	13	15
8 » »	13	14	14	15
10 » »	12	14	14	14
12 » »	12	15	14	15
14 » »	13	15	14	14
16 » »	12	15	14	15
18 » »	12	14	13	15
20 » »	12	13	14	15
22 » »	13	13	14	13
28 » »	13	14	»	»
2 mars 1894	13	14	»	»
4 » »	13	15	»	»
6 » »	14	14	»	»

DATES des EXPÉRIENCES	DEGRÉ DES EAUX			
	de Portet		de Braqueville	
	Bâche	Garonne	Bâche	Garonne
8 Mars 1894	12°	14°	»	»
10 » »	12	15	»	»
3 Mai 1894	12	15	»	»
6 » »	13	15	»	»
8 » »	13	15	»	»
10 » »	12	13	»	»
12 » »	12	13	»	»
14 » »	14	15	»	»
16 » »	12	13	»	»
18 » »	12	13	»	»

DATES des EXPÉRIENCES	DEGRÉ DES EAUX			
	de Portet		de Braqueville	
	Bâche	Garonne	Bâche	Garonne
18 Juin 1894	14°	16°	»°	»°
21 » »	11	14	»	»
23 » »	12	14	»	»
25 » »	12	15	»	»
27 » »	13	16	»	»
29 » »	12	10	»	»
2 Juillet 1894	13	14	»	»
4 » »	13	13	14	13
6 » »	12	15	13	14

Eau des puits de Braqueville. — Si nous nous reportons comme précédemment au tableau comparatif des degrés hydrotimétriques des eaux de la Garonne et des filtres de Portet et de Braqueville, nous pouvons constater dans les résultats des écarts qui ne dépassent pas 1 à 2°. Le degré hydrotimétrique maximum de l'eau des filtres ne s'élève pas au-delà de 15° ; celui de la Garonne est en moyenne de 13 à 14°.

Dans le tableau que nous avons dressé d'après les analyses du Comité consultatif d'hygiène (page 158), les degrés hydrotimétriques sont un peu plus élevés ; cela tient à ce que lorsqu'on a prélevé les échantillons pour l'analyse « les puits de Braqueville et la galerie des filtres ne marchaient que par intermittence. » (Rapport de M. l'Ingénieur de la ville.) Néanmoins, on peut se rendre compte de ce fait que l'eau

filtrée de Braqueville se rapproche plus de l'eau de la rivière que de celle de la nappe. Comme exemple d'eau de la nappe, nous avons choisi les sources de Clairfont. Ces sources sont situées à côté des filtres de Braqueville et servent d'exutoire à la nappe phréatique qui descend des

ANALYSES MINÉRALES (d'après le Comité consultatif d'Hygiène).

ORIGINE DE L'EAU	Degré hydrotimétrique	Résidus à 110°	Chaux	Magnésie	Acide sulfurique	Silice	Chlorure de sodium
Garonne.	13°	139	56,0	7,2	10,0	8,0	8,0
Filtres de Braqueville.	16°,5	186,3	72,8	9,7	13,6	12	8,4
Nappe phréatique. . . . (Sources de Clairfont).	23°	324	115,9	10,1	21,3	19	20
Filtres de la Prairie. .	17°,5	191,8	77,3	10,0	13,6	10,0	9,2

terrasses diluviennes de la rive gauche de la Garonne. Or, le degré hydrotimétrique de ces eaux est de 23, alors que celui de l'eau du filtre non épuisé de Braqueville n'est que de 16, d'après des analyses faites dans les mêmes conditions. Les résidus à 110° nous donnent également des différences notables, celui de la nappe est presque le double de celui de l'eau des filtres, tandis que les résidus de l'eau de la Garonne et de la nappe sont entre eux dans le rapport 3/4.

En résumé, la comparaison de la composition chimique des eaux des filtres avec celles de la nappe et de la Garonne, qu'il est facile de faire d'après le tableau ci-dessus des analyses minérales de ces diverses eaux faites par le Comité consultatif d'hygiène, c'est-à-dire dans des conditions semblables, montre que l'eau des filtres est inter-

médiaire comme composition entre celle de la Garonne et de la nappe ; c'est-à-dire qu'elle s'alimente à la fois à ces deux sources.

Causes des divergences d'opinions. — Conditions requises pour l'établissement d'un filtre naturel.

Nous avons eu à discuter deux théories sur la filtration naturelle. La première et la plus ancienne en date qui fut en faveur de tout temps à Toulouse, d'après laquelle les galeries filtrantes creusées dans les bancs d'alluvion ne recueilleraient que les eaux d'infiltrations du fleuve. La deuxième, professée par Belgrand, qui attribue à la nappe phréatique une influence presque exclusive. L'étude de l'origine des eaux des puits et galeries filtrantes de Toulouse nous a montré que, en ce qui concerne cette dernière ville, ces deux opinions sont par trop absolues. C'est, en effet, à la fois à ces deux sources que les filtres empruntent leurs eaux. Un deuxième point qui va nous expliquer le désaccord des auteurs sur la filtration naturelle ressort également de l'étude précédente. La théorie adoptée pour les filtres de Toulouse ne saurait s'appliquer à tous les filtres. Dans le bassin de la Seine, notamment, si bien étudié par Belgrand, la nappe phréatique a une prépondérance incontestable. Les filtres de Toulouse ne sont donc pas le résultat d'un fait général ; ils s'expliquent par suite de circonstances particulières qu'il convient de déterminer. « Les conditions vraiment providentielles dans lesquelles se trouvent les filtres de Toulouse, écrivait Guibal en 1860 (1), en font une exception toute particulière.

« Le banc de gravier qui forme le sous-sol de la Prairie

(1) Note sur l'écoulement de l'eau à travers les terrains filtrants, par M. J. Guibal. *Mémoires de l'Académie des sciences de Toulouse.* Tome IV, 1860, p. 136.

et dans lequel sont pratiquées les galeries de filtration s'étend, sous les eaux du fleuve, jusqu'au delà de la rive opposée.

» C'est donc, à proprement parler, le lit du fleuve qui est la surface d'entrée du filtre et les galeries ne sont que des conduits qui mènent l'eau filtrée aux pompes. Non seulement la surface filtrante présente une vaste étendue, mais elle est sans cesse renouvelée par le courant des eaux qui, au moment des crues, entraîne les sables de la superficie et en dépose de nouveaux quand la crue cesse.

» Toutes les rivières et tous les points d'une même rivière n'offrent pas les mêmes avantages : il faut que la rivière charrie des graviers et des sables, ce qui dépend de la nature des terrains qu'elle traverse depuis sa source ; il faut aussi que la vitesse, à l'endroit où l'on fait les filtres, soit suffisante pour effectuer ce renouvellement du fond. On doit donc éviter de se placer dans un calme ; il convient, au contraire, de choisir un point où le fleuve est rétréci, comme cela se présente entre la prairie des Filtres et le quai de Tounis.

L'absence de ces conditions a été cause de l'insuccès qu'a éprouvé la ville de Glasgow dans ses galeries de filtration, établies cependant sur un plan tout à fait semblable à celui des filtres de Toulouse : les eaux de la Clyde sont presque toujours stagnantes et ne charrient que de la vase ; au bout de quelques années on a été obligé d'abandonner les galeries et de faire des filtres artificiels.

Un fait remarquable confirme ce que je viens de dire sur le renouvellement de la surface d'entrée des filtres de Toulouse : depuis trente-trois ans qu'ils existent, ils n'ont éprouvé aucune altération ; et, lorsque l'on fouille le fond de la rivière ou des berges de la Prairie des Filtres, on ne trouve dans les graviers aucune trace de dépôt ; ils sont tout a fait semblables à ceux qu'on retire du centre de la prairie près des galeries. Quel que soit donc le volume d'eau

qu'on puisera dans ce terrain, sa puissance filtrante n'en sera pas altérée. » (26 mai 1859.)

Donc, un filtre naturel comme celui de Toulouse n'est pas seulement constitué par l'épaisseur de terrain compris entre la galerie et la berge, mais aussi et surtout par l'ensemble perméable des matériaux de transports déposés par le fleuve et constamment nettoyés par les eaux elles-mêmes. On conçoit qu'un tel filtre ne puisse s'encrasser. S'il en est ainsi, son débit ne doit pas diminuer dans le temps. L'examen de ce point va nous fournir un argument pour vérifier les assertions précédentes : A l'époque de leur création, les premier et troisième filtres de d'Aubuisson fournissaient de 200 à 250 pouces d'eau suivant l'état du niveau de la Garonne. Un jaugeage de ces mêmes filtres, fait par Guibal, pendant les basses eaux, trente ans après leur mise en service, donna un débit de 204 pouces, les eaux de la Garonne étant à 10 centimètres au-dessous de l'étiage.

Après trente années d'un fonctionnement non interrompu, les filtres de d'Aubuisson n'étaient nullement altérés. Ils n'ont été asséchés que par le creusement à 1m,30 en contre-bas de leur radier, d'une nouvelle galerie, la galerie Guibal.

Dès l'origine, la galerie Guibal, malgré les espérances fondées sur elle, ne donna pas plus de 5,640 mètres cubes (Rapport de Planet). En 1871, malgré l'addition de la galerie Vivent, le débit ne dépassa pas 4,800 mètres cubes (Rapport de M. Moffre, ingénieur des ponts et chaussées), et en 1872, l'ingénieur de la ville, M. Roux, ne trouvait que 4,000 mètres cubes.

Les jaugeages de l'ingénieur de la ville, M. Quintin, faits en 1894, pendant la période des basses eaux, le niveau n'étant pourtant pas à son minimum, donnèrent un débit de 5,000 mètres cubes. Donc, au bout de trente ans, le débit de la galerie Guibal n'a pas sensiblement diminué. Les quelques différences s'expliquent, comme le fait observer M. Quintin, par l'abaissement de l'étiage de la Garonne et l'insuffisance de la force motrice élévatoire.

La comparaison des débits, dans le temps, de la galerie de Portet ne peut être faite, aucun jaugeage sérieux n'ayant été effectué avant 1893. Depuis cette époque les conditions ont été changées par suite de l'abaissement du radier. Nous ne pouvons donc tirer aucune conclusion en ce qui concerne ce filtre.

Néanmoins, des données précédentes il nous est permis de déduire que les débits des filtres de d'Aubuisson et de la galerie Guibal n'ont pas diminué dans une période de temps de trente années. Si la quantité d'eau livrée à la consommation a paru toujours insuffisante, cela tient surtout à l'accroissement de la population et à l'augmentation des besoins qui en découlent. En 1817, en effet, la population de Toulouse n'était que de 50,000 habitants; en 1859 le chiffre avait plus que doublé. Actuellement, la ville renferme 150,000 habitants. Si l'on tient compte de ce fait que l'accroissement des besoins n'est nullement proportionnel à celui de la population, mais le dépasse de beaucoup, on ne s'étonnera nullement qu'au bout d'un temps relativement court une distribution d'eau établie pour un chiffre donné de population devienne insuffisante.

Il paraît bien établi que le débit des filtres de Toulouse n'a pas sensiblement diminué de 1830 à 1893; donc les filtres ne se sont pas encrassés. Un tel résultat s'explique par les conditions particulières dans lesquelles sont placés ces filtres. Sans ces conditions la filtration naturelle ne saurait s'effectuer d'une manière satisfaisante. Nous pouvons les résumer ainsi :

1° La rivière doit charrier du gravier et du sable;

2° Sa vitesse, au point considéré, doit être assez grande pour opérer le renouvellement du fond;

3° Le banc d'alluvion doit être dépourvu de toute impureté et à l'abri de toute contamination.

CHAPITRE III

Quantité d'eau fournie par les filtres.

Les besoins. — Une distribution d'eau complète doit assurer le fonctionnement de trois services : le *service privé*, le *service public* et le *service industriel*.

Il est d'usage de se baser sur le nombre des habitants pour évaluer la quantité d'eau nécessaire au fonctionnement de ces divers services.

Le service privé comprend la distribution de l'eau aux habitations des particuliers où elle est employée aux usages domestiques (boisson, toilette, nettoyage, enlèvement des résidus solubles, etc.).

Les arrêtés préfectoraux du 9 mars 1863 et du 7 juin 1864 fixent pour la ville de Paris à 45 litres la consommation privée par jour et par personne. En Angleterre, M. Humber admet le même chiffre. MM. Konig et Poppe, en Allemagne, se contentent de 25 litres. Darcy, en 1856, établissait que 90 litres par tête étaient nécessaires pour les besoins domestiques. Ce chiffre est regardé comme très suffisant, et M. Fanning l'adopte pour les villes américaines.

L'eau destinée au service public sert à des usages multiples ; elle est employée au lavage des rues, des abattoirs, des marchés, des urinoirs publics, au curage des égouts, au service des incendies. A cet effet, elle alimente les nom-

breuses bouches de lavage, les borne-fontaines et les fontaines monumentales.

L'évaluation de la consommation dépendant de ces besoins doit donc être très différente suivant l'importance de ces services. Dans une grande ville ils seront beaucoup plus nombreux et demanderont une quantité d'eau considérable. On voit donc combien il est difficile de fixer un chiffre. A Paris, où ce service est très développé, la consommation dépasse 80 litres.

Le service industriel fournit aux usines l'eau nécessaire aux besoins de l'industrie.

Bechmann, dans son *Traité des distributions d'eau,* donne les chiffres élémentaires suivants :

Machines à vapeur par cheval et par heure.	20 à 35 litres
— avec condensation.....	200 à 800 —

La réunion de tous ces services forme la consommation totale. En 1865, Darcy évaluait à 150 litres par habitant les besoins de la consommation d'une ville.

Actuellement on regarde comme suffisante une distribution d'eau qui assure 200 à 250 litres par tête. Pourtant beaucoup de viles ont déjà dépassé ce chiffre. D'ailleurs son évaluation dépend de l'importance de la ville considérée. La consommation par habitant est beaucoup plus considérable dans les centres importants que dans les villes de second ordre.

Voici quelques chiffres (1) montrant l'importance de l'alimentation dans un certain nombre de villes de France et de l'étranger.

D'après ce tableau (page 165), on peut voir qu'après Rome, les villes des Etats-Unis tiennent la tête, puis viennent Marseille et Carcassonne en France. Ces données nous permettent d'accepter comme chiffre suffisant celui de 250 litres

(1) Nous avons emprunté ces chiffres au Traité des distributions d'eau de Bechmann déjà cité.

NOMS DES VILLES	POPULATION	ALIMENTATION par habitant et par jour
		Litres
Rome	303 383	1.000 (?)
Washington	112 000	700
Détroit	118 000	574
Lausanne	29 000	560
Marseille	318 868	450
Chicago	503 304	431
Carcassonne	25 971	400
Boston	416 000	348
New-York	1.206 590	297
Cincinnati	256 708	287
Saint-Louis	346 000	273
Philadelphie	847 544	257
Agen	19 503	250
Bayonne	27 416	250
Dijon	47 039	240
Glasgow	511 000	238
Hambourg	418 400	237
Paris	2.269 023	215
Pesth	320 000	140
Lyon	342 815	140
Londres	3.378 000	135
Vienne	730 000	100
Saint-Pétersbourg	700 000	95
Berlin	1.122 330	75
Madrid	477 500	15

pour une ville d'importance moyenne comme la ville de Toulouse. Or, Toulouse a 150,000 habitants dont 130,000 dans les limites de l'octroi bénéficient seuls de la distribution d'eau. Le chiffre de 35,000 mètres cubes adopté par l'ingénieur de la ville, M. Quintin, par jour et pour la totalité des habitants, semble donc devoir suffire pour le moment. Ce chiffre représente un minimum.

Les ressources.— Si nous mettons en regard de ces besoins les ressources actuelles, nous voyons que nous sommes encore bien loin de ce chiffre. Pendant la période des basses eaux, la somme des débits des filtres ne dépasse pas 22.000 mètres cubes environ, que l'on peut ainsi décomposer :

Filtres de la Prairie....	5.000	mèt. cub.
Galeries de Portet......	9.000	—
Puits de Portet.........	6.000	—
Puits de Braqueville.....	2.700	—

Les puits de Portet (1) pendant les très basses eaux de 1893, bien qu'épuisés à fond, n'ont pas fourni plus de 4.200 mètres cubes. En 1894, au même étiage, après l'abaissement de leur radier, le débit s'est élevé à 6.000 mètres cubes, et encore faut-il tenir compte de ce que la force motrice étant insuffisante, on n'a pu les épuiser complètement. Une colonne d'eau de 1 mètre de hauteur restait toujours sur leur radier.

Le même fait s'est produit dans la galerie de Portet; le débit a été accru par l'abaissement du radier. C'est ainsi que pendant les très basses eaux de 1894, le débit minimum de la galerie a été de 9.000 mètres cubes, alors que son débit maximum, avant cette modification, ne dépassait pas

(1) Aux filtres de Portet des appareils enregistreurs indiquent automatiquement les débits des puits et de la galerie.

7.000 mètres cubes (lettre de M. Galinier du 26 août 1890, à M. Le Cornec, ingénieur des ponts et chaussées).

Le débit de la galerie Guibal (1), comme nous l'avons vu dans un chapitre précédent, n'a guère varié depuis sa création. Evalué à 5.540 mètres cubes, à l'origine, il serait actuellement, d'après les jaugeages de l'ingénieur de la ville, M. Quintin, de 5.000 mètres cubes pendant la période des basses eaux.

Abstraction faite des puits de Braqueville, qui ne fonctionnent encore qu'à titre d'essai, le rendement des filtres est de 20.000 mètres cubes. Si on compare ce rendement à celui de 1893, époque où les améliorations indiquées par la commission extra-municipale du 12 mars 1893 n'étaient pas encore réalisées, on constate une différence de 7.000 mètres cubes dans le rendement des filtres. En 1893, en effet, avant l'abaissement des puits et galeries, le débit total des filtres ne dépassait pas 13.000 mètres cubes.

A Braqueville, pendant les très basses eaux de 1893, deux puits seulement étaient construits ; le débit minimum a été de 1.600 mètres cubes, c'est-à-dire de 800 mètres cubes pour chaque puits.

En 1894, au même étiage que l'année précédente, le débit journalier des trois puits s'est élevé à 2.700 mètres cubes, c'est-à-dire 900 mètres cubes par puits ; « mais il est toujours resté dans le fond du puits une hauteur d'eau de 2 mètres, que l'insuffisance du moteur employé nous a obligé à laisser. Aussi, nous pensons que, lorsqu'on pourra abaisser les plans d'eau dans les puits, le débit moyen de 900 mètres cubes par puits sera dépassé. » (Rapport de M. l'ingénieur Quintin.)

(1) A la Prairie des filtres, la disposition des lieux ne se prêtant pas à une installation économique, on a procédé de la façon suivante :

« Les eaux filtrées étaient élevées par les moteurs hydrauliques et une pompe centrifuge actionnée par une locomobile. Nous avons, pour jauger, multiplié la section mouillée de la galerie vers son extrémité, par les 4/5 de la vitesse superficielle. » (Rapport de M. l'ingénieur Quintin.)

CHAPITRE IV

Qualité de l'Eau des Filtres et de la Canalisation. Leur valeur hygiénique.

QUALITÉ DE L'EAU DES FILTRES

L'eau destinée à la consommation est constituée par le mélange des diverses eaux recueillies dans les filtres de la Prairie et dans ceux de Braqueville et de Portet. Les filtres de Braqueville et de Portet assurent d'une façon constante le service d'alimentation de la ville. Leurs eaux, amenées par un aqueduc au château-d'eau Guibal, sont distribuées aux réservoirs et dans la canalisation. L'eau de la galerie de la Prairie des Filtres est refoulée par les machines d'Abadie au nouveau château-d'eau, où elle est mélangée aux eaux de Portet et de Braqueville. Leur emploi n'est pas continu ; on ne les élève que lorsque les autres filtres sont insuffisants pour assurer le service d'une manière satisfaisante. Les filtres de la Prairie constituent donc une réserve à laquelle on ne touche qu'en cas de besoin. Des prises d'eau avaient été établies au château-d'eau Guibal afin de pouvoir puiser et élever directement les eaux non filtrées de la Garonne. Mais ces prises n'ont jamais fonctionné (1) ; elles sont, d'ailleurs, dans un état qui n'en

(1) M. Quintin, ingénieur de la ville, nous a assuré que l'on ne s'était jamais servi d'eau de Garonne non filtrée.

permet pas l'usage. Il serait bon, néanmoins, de les supprimer complètement.

L'eau de la canalisation étant formée par la réunion d'eaux d'origine et de nature diverses doit donc présenter des propriétés variables dépendant de leurs proportions dans le mélange. Nous examinerons séparément ces diverses eaux avant d'en étudier leur mélange.

EAU DES FILTRES DE LA PRAIRIE (GALERIE GUIBAL)

L'étude de ces eaux et les discussions parfois très vives qu'elles suscitèrent sur leur origine et leurs propriétés ont joué un grand rôle dans l'histoire de l'alimentation de notre ville.

Nous avons vu qu'avant d'établir la galerie filtrante dans la prairie du cours Dillon, la commission de 1859 avait fait creuser une tranchée d'essai afin d'avoir des données sur la quantité et la qualité de l'eau que l'on pourrait recueillir dans cette alluvion. L'analyse chimique de l'eau de la tranchée fut faite à plusieurs reprises par M. Filhol, qui la trouva de bonne qualité. « L'eau de cette tranchée, écrit M. Filhol, enlevée continuellement au moyen de pompes, se renouvelait avec une grande rapidité.

» Cette eau est restée parfaitement limpide, même pendant les crues de la Garonne, qui ont eu lieu à l'époque où se faisaient nos expériences. Elle était incolore, inodore, dépourvue de toute saveur désagréable. »

Les résultats de cette expérience ayant paru satisfaisants, la construction de la galerie filtrante fut décidée. Mais le débit de cette galerie ayant été bien inférieur au débit sur lequel on comptait, on fut obligé d'en augmenter la longueur. On creusa, dans le même but, une nouvelle galerie dans l'îlot Vivent, qui est situé un peu en amont de la prairie du cours Dillon ; on réunit ces deux galeries par un tuyau.

Histoire de l'infection de la galerie Guibal. — A la suite de la jonction de la galerie Guibal avec celle de l'îlot Vivent, effectuée en 1871, l'eau distribuée en ville et provenant du mélange des produits de ces deux filtres, prit un goût détestable. Les galeries furent envahies par une végétation que les curages les plus minutieux ne purent extirper. Afin de connaître les causes du mal et d'en chercher le remède, le Conseil municipal, sous la présidence de M. Ebelot, nomma une commission dans sa séance du 30 octobre 1871. Cette commission était présidée par M. Joly, professeur de zoologie à la Faculté des sciences. On remarquait parmi ces membres, MM. Brunhes, Bibent, Roux, l'ingénieur de la ville, etc. On adjoignit M. le docteur Garrigou, à la commission.

Causes de l'Infection. — L'infection du filtre fut attribuée à des causes diverses dont quatre principales :

1° Envahissement de la galerie par les eaux de la Garonne, à la suite d'un accident ;

2° Altération de l'eau par l'air et la lumière ;

3° Invasion dans la galerie de la nappe phréatique de Saint-Cyprien.

La première cause à laquelle on attribua l'infection de la galerie fut son envahissement par les eaux de la Garonne, à la suite d'une forte crue. L'accident eut lieu pendant la nuit ; l'ingénieur, averti, remit aussitôt les choses en l'état, sans que les habitants eussent à en souffrir. Cet accident fut de peu d'importance. D'ailleurs, les eaux de la Garonne ne donnent jamais naissance à une algue semblable à la conferve du filtre Vivent.

Pour MM. Filhol et Moffre, la cause du mal résidait dans l'altération de l'eau par l'air et la lumière. Ces agents favorisaient le développement de l'algue dont la putréfaction dans la galerie rendait l'eau impropre à la consommation. Le filtre Vivent, plus exposé à l'air que les autres, aurait été

le point de départ de l'infection. Mais cette explication n'indiquait pas la provenance de ces germes, point capital de la question.

M. le docteur Garrigou entreprit alors de démontrer que les germes infectieux étaient apportés par les eaux de la nappe phréatique de Saint-Cyprien. L'eau des filtres n'était donc pas seulement, comme on le croyait, de l'eau de la Garonne épurée par les couches filtrantes de l'alluvion de la Prairie, mais bien un mélange de cette eau avec les apports de la nappe phréatique. Deux ordres de faits conduisirent M. le docteur Garrigou a cette opinion :

1° Le creusement des filtres de la Prairie avait exercé une influence sur le niveau de la nappe phréatique de Saint-Cyprien. Dans un chapitre précédent, traitant de la filtration naturelle et de l'origine de l'eau dans les filtres, nous avons raconté l'histoire d'un puits voisin de la galerie de l'ilot Vivent. Nous nous bornerons à rappeler que l'établissement de ce filtre amena un abaissement dans le niveau de ce puits, et que le même fait se reproduisit dans plusieurs puits de la rue Laganne, de l'avenue de la République et de la rue de Muret ;

2° L'eau des filtres de la Prairie a une composition chimique intermédiaire entre celles de la Garonne et de la nappe phréatique. C'est ce que font ressortir les tableaux comparatifs des analyses de ces diverses eaux dressés par M. le docteur Garrigou, et que nous avons reproduits dans un chapitre précédent (voir pp.154 et 155). Enfin le tableau comparatif des analyses minérales des eaux des filtres de la Garonne et de la nappe phréatique, faites par le Comité consultatif d'hygiène (page 158), montre que le degré hydrotimétrique de l'eau de la galerie Guibal est de 17°, tandis que ceux des eaux de la Garonne et de la nappe sont respectivement de 13° et de 23°. Le résidu à 110° de l'eau filtrée est de 191,8 ; celui de l'eau de la Garonne n'est que de 139, alors que celui de la nappe est de 324. Donc l'eau de la galerie Guibal reçoit

un apport notable de la nappe phréatique de Saint-Cyprien. Or, la Prairie des Fltres est séparée en partie de Saint-Cyprien par le mur du cours Dillon construit dans le tuf. Les communications entre les infiltrations de la prairie et la nappe de Saint-Cyprien ne peuvent exister qu'à partir du point où s'arrête le mur, c'est-à-dire sur une petite portion en amont de la prairie et surtout vis-à-vis l'îlot Vivent, sous le canal de fuite du moulin. C'est donc dans la galerie de l'îlot Vivent que s'est opéré surtout le mélange de ces deux eaux.

M. le Dr Garrigou montra que c'était en ce point que s'était effectuée la contamination. Une algue ocreuse tapissait, en effet, le radier de la galerie Vivent. M. le Dr Garrigou, au cours d'une visite dans les filtres de la Prairie, remarqua qu' « à mesure que l'on approche du fond de la galerie, et surtout du point où vient s'ouvrir le tuyau de fonte qui fait communiquer la galerie Vivent avec la galerie de la Prairie, la conferve, ou plutôt l'algue, prend une coloration ocreuse de plus en plus marquée, la végétation atteint son maximum de développement et s'arrête brusquement à l'entrée de ce tuyau, dans l'intérieur duquel on la voit s'engager. Au-delà de l'ouverture du tuyau, l'eau du filtre de la Prairie est parfaitement dépourvue de tout produit hétérogène....... A mesure que nous avancions vers le sud, dit M. le Dr Carrigou, l'odeur devenait de plus en plus piquante, et à notre arrivée à l'extrémité de ce long boyau souterrain, nous respirions un air aussi puant que celui des latrines; nos lumières avaient grand'peine à brûler et j'éprouvai, avec une assez notable châleur, les mêmes malaises que j'ai ressentis bien souvent dans des cavernes basses et étroites renfermant des quantités notables d'acide carbonique ».

Puisque la contamination s'était faite en ce point et que la galerie Vivent est alimentée par les eaux d'infiltration de la Garonne et de la nappe, il restait à établir que, seule, l'eau de la nappe phréatique devait être incriminée.

Or, l'eau de la Garonne ne présente jamais de végétation semblable à celle du filtre Vivent; si longtemps qu'on la conserve dans un flacon bouché, jamais elle ne donne de dépôt de conferve ocreuse; il en est de même pour les puits voisins de la Garonne.

L'algue ne pouvait donc avoir été apportée par les eaux d'infiltration de la Garonne.

Provenait-elle de la nappe ? L'examen des puits de Saint-Cyprien, éloignés des berges et par conséquent alimentés par la nappe phréatique, montre le développement sur leurs parois d'une mince pellicule verte. Cette eau, conservée dans un flacon bouché, donne, au bout de quelques semaines, des flocons gélatineux et des taches verdâtres, comme l'eau des puits de Paris.

D'ailleurs, en 1865, une végétation ocreuse de ce genre avait envahi une fontaine de Saint-Cyprien. L'histoire de cette infection, rappelant celle des galeries de la Prairie, est très instructive. Elle permet d'établir que, bien avant l'infection des filtres, on avait constaté dans la nappe phréatique de Saint-Cyprien le développement de cryptogames.

La fontaine infectée, dite de Saint-Jean, était située dans la rue des Fontaines. La végétation cryptogamique qui l'envahit ressemblait, d'après M. le Dr Garrigou, appelé comme expert, à certaines conferves des eaux thermales. Elle tachait le linge et lui donnait une couleur jaune qu'il était difficile d'enlever. M. Filhol reconnut également l'existence de cette conferve. On attribua cette infection à la présence dans le voisinage d'une fabrique de bougies stéariques. On interdit au propriétaire de jeter les produits de la fabrication dans une fosse non étanche. A la suite de cette mesure, l'algue ne se reproduisit plus dans la fontaine. M. le Dr Garrigou montra que « le mélange des produits acqueux de la fabrique de bougie stéarique aux détritus de toute sorte de l'ancien fossé de vidange, avait dû amener l'état d'infection de l'eau de la fontaine Saint-Jean ». D'après ce

même auteur, la conferve de la fontaine Saint-Jean est exactement la même que celle du filtre Vivent.

L'algue provenait donc de la nappe phréatique. En effet, l'eau du filtre Vivent, conservée dans une bouteille fermée, déposait une matière végétale ocreuse, que l'on retrouvait dans la galerie de la Prairie, mais en quantité bien moindre.

Si on compare, en outre, les dépôts obtenus par évaporation des eaux : de la Garonne, du puits Sevin et de la galerie Vivent, on constate que le dépôt de l'eau du filtre Vivent est seul à répandre une odeur infecte et à présenter un aspect ocreux dû aux oxydes de fer.

M. le Dr Garrigou montra enfin la corrélation qui existe entre l'infection de l'eau du filtre Vivent et l'envahissement de ce filtre par l'eau de la nappe de Saint-Cyprien. La qualité de l'eau de cette galerie varie, en effet, suivant l'abondance des apports de la nappe. Cette galerie se trouvait séparée du faubourg par le canal de fuite du moulin Vivent, qui lui était parallèle. Un canal secondaire s'embranchait sur le premier en amont de la galerie et permettait l'écoulement des eaux motrices pendant le nettoyage de la portion aval du canal de fuite. Or, pendant que cette portion du canal était à sec, l'eau du filtre devenait infecte ; lorsque l'eau coulait dans le canal, l'eau de la galerie était plus abondante et de meilleure qualité. Dans le premier cas, l'eau de la nappe arrivait sans obstacle dans le filtre, dans le deuxième, au contraire, les eaux d'infiltration du canal s'écoulaient vers la galerie et diminuaient l'apport de la nappe phréatique.

Lorsque l'on eut fermé le robinet de la galerie Vivent (l'enquête ayant démontré que l'infection partait de cette galerie) l'eau redevint bonne et sa composition se rapprocha de celle de l'eau de la Garonne. Certains auteurs tirèrent argument de ce fait pour démontrer que l'infection était accidentelle et n'était due nullement à la nappe phréatique.

Mais dans le ramier Vivent les infiltrations de la Garonne et la nappe phréatique sont dans un état d'équilibre déterminé par leurs niveaux respectifs. Or, le niveau de la nappe est, en ce point, à 3 mètres au moins au-dessous de celui du fleuve. Le radier de la galerie étant à un niveau très bas, reçoit le mélange de ces deux eaux. La galerie fermée, le niveau, qui était à 0^{m},30 au-dessus du radier, s'éleva à 2 mètres. A un niveau aussi élevé, les infiltrations du fleuve alimentaient presque exclusivement la galerie.

La cause de la contamination devait donc être rapportée à la nappe de Saint-Cyprien. Nous verrons également que la rivière contribue pour sa part à cette infection.

On conçoit, d'ailleurs, qu'une nappe circulant dans le sous-sol d'un faubourg et recevant les infiltrations de fosses non étanches soit polluée par les détritus de toutes sortes qui résultent de l'accumulation d'une population nombreuse dans un espace restreint. L'eau, dans son trajet souterrain, se charge d'éléments organiques, de nitrates et de germes pathogènes.

Mais là n'est pas la seule cause d'infection de la nappe phréatique. Avant son entrée dans les filtres, elle traverse le sol du ramier Vivent. Or, ce ramier a été en partie formé artificiellement au moyen des décombres et des détritus qu'on y a accumulé pendant une trentaine d'années. Le sol est chargé de nitrates (0^{gr}021 (1) d'acide azotique par kilo de terre), d'ammoniaque (0^{gr}0007 par kilo) et de matières organiques (11^{gr}55 par kilo de perte après l'incinération et dessiccation à 100°). Il n'est donc pas étonnant qu'un sol ainsi constitué contribue, pour une large part, à la pollution des eaux qui le traversent.

Les dangers de contamination provenant de la rivière ne sont pas moins grands. Comme l'a fait remarquer M. le

(1) Ces résultats sont dus aux analyses de M. le docteur Garrigou.

docteur Rémond (1) (de Metz), l'état du lit de la Garonne en amont du pont Saint-Michel, est un facteur important de cette infection. Périodiquement, pendant la période estivale, cette portion du lit est à peu près à sec. De ces bas-fonds sableux, où séjournent des animaux en putréfaction, se dégage une odeur nauséabonde. La hauteur de cette couche de matières en décomposition est, par places, supérieure à 40 centimètres.

Les microbes, trouvant en ces points un milieu des plus favorables pour leur développement, y pullulent. Qu'une crue survienne, et ces germes, repris par l'eau, la contamineront.

En résumé, les causes de contamination des filtres de la Prairie sont de deux ordres : les unes dépendent de la nappe phréatique, les autres de la rivière elle-même. A un point de vue plus général, l'infection de ces filtres est due au voisinage de la ville.

Etude de l'Algue des filtres de la Prairie. — Des échantillons de cette algue ont été étudiés, sur la demande de M. le docteur Garrigou, par MM. Cornu, van Tieghem et par M. le docteur Garrigou lui-même. La détermination de cette algue est des plus difficiles.

« Ce que j'ai observé, dit M. Cornu, dans sa réponse à M. le docteur Garrigou, avec mon ami M. Lemonnier, préparateur à l'École de botanique, était très confus ; mais il y avait de rares diatomées mélangées à des filaments incolores, non cloisonnés, ambigus (algues?). Je suis fort embarrassé pour mettre un nom sur tout cela. J'ignore, du reste entièrement, dans quelles circonstances cette végétation s'est produite.

» J'ai vu des choses assez analogues dans les fossés

(1) Essai sur l'étiologie de la fièvre typhoïde à Toulouse, par M. le docteur Rémond (de Metz). — *Bulletin de la Société de Médecine de Toulouse* (1893), p. 10.

d'égout, de tourbières, au milieu de flocons de peroxyde de fer ».

D'après M. van Tieghem : « le premier coup d'œil jeté sur cette *algue* porte à la ranger dans les oscillariées, dans la tribu des leptotrichées. Par sa végétation libre, indépendante de tout support végétal, elle s'éloigne des leptothrix, et l'cn ne peut la comparer qu'à ces espèces d'hypheothrix, dont le plasma ocreux n'est pas subdivisé en articles, et dont les filaments sont extrêmement étroits, aux *Hyphéothrix tenuissima* et *lutea*. Ces espèces sont assez nombreuses ». M. van Tieghem engagea M. le docteur Garrigou à achever la détermination spécifique, à l'aide de Rabenhorst.

M. le docteur Garrigou étudia à son tour cette algue et crut pouvoir la ranger dans l'espèce *fontana*, sans toutefois poser un diagnostic précis. L'analyse chimique de 1 gramme de cette algue desséchée à 100°, lui donna les résultats suivants :

Acide carbonique	0gr,0076
Acide sulfurique	0 022
Silice	0 134
Chlore	0 0011
Potasse	0 014
Soude	0 006
Chaux	0 033
Magnésie	0 0135
Oxyde de fer	0 122
Alumine	0 059
Matière organique totale	0 4897
Azote	0 044
Perte	0 0541
	1gr,0000

Pour remédier à cette infection, la Commission fit fermer la galerie Vivent. En 1875, cette galerie ayant été

dénudée, on l'a abandonnée définitivement comme nous l'avons vu précédemment.

Eau prise dans la Garonne à Braqueville.

Analyses faites par le laboratoire du Comité consultatif d'ygiène.

ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS LE 19 DÉCEMBRE 1893.

Analyse Chimique.

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.

ÉVALUATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE.

1° En oxygène	Solution acide	1.500
	Solution alcaline	1.750
2° En acide oxalique $C^2O^4H^2 + 2H^2O$	Solution acide	11.820
	Solution alcaline	13.790
Oxygène dissous	1° En poids	10.625
	2° En volume	7^{cc}.429

RECHERCHES GÉNÉRALES

Ammoniaque et sels ammoniacaux	0
Azote albuminoïde	faibles traces
Nitrites	0
Nitrates en AzO^3H	traces
Acide phosphorique	traces
Acide sulfurique en SO^3	10.0
Chlorure de sodium, en NaCl	8.0
Chlore correspondant, en Cl	4.9

ANALYSE MINÉRALE

Résidu à 110°	139.0
Résidu après calcination	130.1

Perte au rouge	8.9
Silice en SiO^2	8.0
Chaux en CaO	56.0
Magnésie en MgO	7.2
Acide sulfurique en SO^3	10.0
Chlorure de sodium, NaCl	8.0

COMPOSITION PROBABLE

Silice en SiO^2	8.0
Sulfate de chaux en SO^4Ca	17.0
Carbonate de chaux en CO^3Ca	87.5
Carbonate de magnésie en CO^3Mg	15.1
Chlorure de sodium en NaCl	8.0

HYDROTIMÉTRIE

Degré hydrotimétrique total	13 0
id permanent	2°0

Examen bactériologique.

(Eau de la Garonne à 4 kilomètres en amont de Toulouse.)

Numération. — Cette eau renferme 4.375 germes aérobies par centimètre cube, dont 34 moisissures.

La numération est effectuée six jours après les ensemencements.

Spécification. — Les colonies observées appartiennent aux espèces suivantes :

Micrococcus aquatilis ; Micrococcus urex ; Bacillus violaceus ; Bacillus aerophilus ; B fluorescens putridus ; B. liquefaciens ; Bacterium termo ; Bacillis subtilis ; Levure blanche ; Levure rose ; Penicillum glaucum ; *présence du* Coli-bacille.

Conclusion

Eau polluée par infiltrations d'eaux superficielles renfermant des matières fécales, comme le démontre la présence du Coli-bacille.

Eau filtrée de la Prairie.

Analyses faites par le Comité consultatif d'hygiène.

ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS LE 19 DÉCEMBRE 1893.

Analyse chimique.

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.

ÉVALUATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

1° En oxygène...	Solution acide	1.500
	— alcaline	1.740
2° En acide oxalique	Solution acide	11.820
$C^2O^4H^2 + 2H^2O$.	— alcaline	13.790

OXYGÈNE DISSOUS

1° En poids	7.500
2° En volume	5cc.244

RECHERCHES GÉNÉRALES

Ammoniaque et sels ammoniacaux	traces.
Azote albuminoïde	traces.
Nitrites	0
Nitrites en AzO^3H	traces.
Acide phosphorique	traces.
Acide sulfurique en SO^3	13,6
Chlorure de sodium en NaCl	9,2
Chlore correspondant, en Cl	5,6

ANALYSE MINÉRALE

Résidu à 110°	191,8
Résidu après calcination	184,9
Perte au rouge	6,9
Silice en SiO^2	10,0
Chaux en CaO	77,3

Magnésie en MgO	10,0
Acide sulfurique en SO^3	13,6
Chlorure de sodium en NaCl	9,2

COMPOSITION PROBABLE

Silice en SiO^2	10.0
Sulfate de chaux en SO^4Ca	23.1
Carbonate de chaux en CO^3Ca	121.1
Carbonate de magnésie en CO^3Mg	21.0
Chlorure de sodium en NaCl	9.2

HYDROTIMÈTRIE

Degré hydrotimétrique total	17°5
id. permanent	4°0

Examen bactériologique

Numération. — Cette eau renferme 697 germes aérobies par centimètre cube.

La numération est effectuée huit jours après les ensemencements.

Spécification. — Les colonies observées appartiennent aux espèces suivantes :

Micrococcus aquatilis ; Micrococcus urex ; Bacterium termo ; Bacillus subtilis ; Bacillus fluorescens putridus ; Bacillus fluorescens ; *présence du* Coli-bacille.

Conclusion.

Eau polluée (présence du Coli-bacille.)

Etat actuel. — De nos jours, la galerie Guibal existe seule. Ses eaux concourent encore à l'alimentation de la ville, mais d'une façon intermittente; elles ne sont plus considérées que comme un appoint que l'on utilise dans les périodes de disette. Malgré de fréquents nettoyages, il a été impossible de débarrasser le radier de la conferve ; il

suffit d'agiter l'eau pour la voir se troubler et prendre une teinte noirâtre.

De nouvelles analyses ont été faites depuis par le comité consultatif d'hygiène (Voir les tableaux pages 178 et 180). On peut constater à nouveau, en comparant les analyses de l'eau de la Garonne et de l'eau des filtres de la Prairie, que cette dernière est plus chargée en sel et rappelle, comme composition, celle de la nappe phréatique.

Le nombre de germes est de 697, alors qu'il s'élève à 4.375 dans la Garonne. Mais ces nombres, fournis par l'analyse quantitative, sont éminemment variables. Ils dépendent du moment auquel ont été faites les analyses. Les pluies augmentent considérablement la quantité de germes dans les eaux. Les analyses précédentes ont été faites pendant le mois de décembre 1893. M. le Dr Guiraud, qui a analysé l'eau de la Garonne à la même époque, a trouvé à peu près le même nombre de germes, soit 4.000. Mais le mois de janvier suivant, les pluies ayant été abondantes, le nombre de germes s'est élevé à 14.000.

La présence du coli-bacille est également constatée dans l'eau de la Garonne et celle de la Prairie. Diverses analyses que nous avons faites pendant l'été 1897 et l'hiver 1898, nous ont permis de retrouver le coli-bacille dans les filtres de la Prairie. Pendant le mois d'août 1897, le coli a été décelé dans 100cc d'eau (d'après le procédé Péré). Dans le mois de janvier 1898, nous avons également recherché le coli, après avoir fait deux ensemencements, l'un de 100cc, l'autre de 1cc de l'eau analysée ; nous avons pu l'isoler dans 1ccm d'eau. Le coli est donc très abondant dans l'eau de la galerie Guibal. Les inoculations faites à des cobayes nous ont permis d'étudier sa virulence.

Une première injection intra-péritonéale de 2cc de bouillon du coli isolé en boîte a tué un cobaye dans les vingt-quatre heures. L'animal était mort de septicémie, comme l'établit l'autopsie. Un deuxième cobaye, inoculé de la même manière, mourut au bout de trois jours.

De toutes ces considérations, il résulte que l'eau de la galerie Guibal, polluée : par les eaux de la nappe phréatique de Saint-Cyprien, par les infiltrations pluviales qui entraînent dans la profondeur tous les détritus déposés à la surface de la Prairie et la rivière elle-même, est impropre à la consommation. L'administration municipale l'a d'ailleurs si bien compris, qu'elle n'emploie ces eaux que dans les cas de besoins pressants.

Leur emploi est donc à rejeter d'une manière absolue et définitive, et cela le plus tôt possible.

Eau des Filtres de Portet.

L'eau de Portet a été analysée en 1873 par M. le docteur Garrigou. Elle était recueillie dans la tranchée que l'on ouvrit dans ce cailloutis pour y établir la galerie.

L'eau était très limpide et d'un goût agréable. On y trouva les substances suivantes :

Acide carbonique	0gr186
Acide sulfurique	0,013
Silice	0,049
Chlore	0,0015
Potasse	0,0038
Soude	0,0057
Lithine	traces.
Chaux	0,076
Magnésie	0,005
Ammoniaque	0,0004
Acide azotique	traces.
Alumine et oxyde de fer	0,035
Matière organique	0,014

Une analyse a été faite par le laboratoire municipal en novembre 1892. M. Surre n'a recherché que les éléments

caractéristiques de la potabilité d'une eau. Il trouva les résultats suivants :

Degré hydrotimétrique...........	14°
Matières organiques..............	0gr0004
Ammoniaque....................	0,00
Nitrites.........................	0

Nitrates (réaction très faible avec l'acide sulfurique et la brucine.)

L'analyse chimique donna peu de matières organiques, de l'ammoniaque en très petite quantité, pas de nitrites, et une proportion de nitrates très faible.

Le nombre de bactéries trouvé par M. Surre, en novembre 1892, fut de 845 par centimètre cube. Toutes ces bactéries appartenaient à des espèces banales ; pas de bactéries pathogènes.

De cet examen, M. Surre conclut que l'eau de la galerie de Portet était potable.

Dans une analyse bactériologique quantitative, qu'il fit le 27 janvier 1894, M. le docteur Guiraud évaluait le nombre des germes à 300 par centimètre cube.

Nos recherches, effectuées pendant les mois de juillet 1897, mai et juin 1898, nous ont donné un chiffre de 900 germes par centimètre cube, dont 200 colonies liquéfiantes. L'analyse quantitative porta sur l'eau de la galerie et sur le mélange des eaux des trois puits. Au moment de la prise des échantillons, le 21 juillet 1897, à 9 heures du matin, la température du fleuve était à 19°5 (la température extérieure n'était que de 19°) et les températures des eaux de la galerie et des puits, très voisines de celle du fleuve, étaient de 18°3. Malgré une très forte crue qui avait eu lieu une dizaine de jours auparavant, l'eau du fleuve était assez claire et le niveau était à 139m,97 (état moyen). Dans ces conditions, la recherche du coli-bacille nous donna des résultats néga-

tifs. Le coli-bacille avait été constaté dans l'eau de la Garonne.

Le 3 mai 1898 le fleuve était à un niveau très élevé, un peu au-dessus de la cote de 140 mètres et l'eau boueuse. Le débit de la galerie était considérablement accru ; la galerie était complètement submergée et l'accès en était difficile. L'eau de la galerie était à un niveau suffisant pour s'écouler jusqu'à Toulouse sous l'action de son propre poids. L'eau des puits n'était pas aspirée. Le coli-bacille trouvé de nouveau dans l'eau de la Garonne, fut également constaté dans l'eau de la galerie. Il est à remarquer que le coli-bacille, à cette même date, ne put être décelé dans les puits de Braqueville. Ce coli-bacille, inoculé à des cobayes par M. le docteur Guiraud (1), montra une virulence très accusée.

Afin de contrôler ces résultats, le coli-bacille fut de nouveau recherché le 7 juin 1898. Le niveau du fleuve était encore très élevé (140^{m},68) et la galerie submergée par les produits de filtration. Le coli-bacille fut retrouvé. Mais, cette fois, il était également constaté dans les puits de Braqueville.

(1) M. le docteur Guiraud inocula un premier cobaye avec 2 centimètres cubes de bouillon ensemencé avec le coli que nous avions isolé. L'injection était intra-péritonéale. L'animal, vingt-quatre heures après, était à l'agonie et présentait une parésie du train postérieur. On le sacrifia. On fit des ensemencements en bouillon de la sérosité péritonéale et du sang du cœur.

Un deuxième cobaye fut inoculé de la même manière avec 1^{cc},6 de culture en bouillon du liquide péritonéal du premier cobaye. Il mourut le lendemain dans la matinée.

Un troisième cobaye fut inoculé avec 0^{cc},75 de culture en bouillon du sang du cœur du premier cobaye. Non incommodé.

Un quatrième cobaye fut inoculé avec 0^{cc},66 de culture en bouillon du sang du cœur du deuxième cobaye. Mort dans la nuit.

Un cinquième cobaye fut inoculé avec 0^{cc},75 de culture en bouillon du liquide péritonéal du deuxième cobaye. Non incommodé.

Un sixième cobaye fut inoculé avec 0^{cc},25 de culture en bouillon du liquide péritonéal du quatrième cobaye. Mort.

Un septième cobaye fut inoculé avec 0^{cc},66 de culture en bouillon du sang du cœur du sixième cobaye. Mort.

La virulence du coli que nous avons isolé est donc bien établie.

Eau des puits de Braqueville.

Les eaux de ces filtres rappellent par leur qualité celles des filtres de Portet. Le cailloutis de Braqueville, formé de la même manière et des mêmes matériaux que celui de Portet, offre les mêmes garanties. La couche superficielle, formée d'argile imperméable sur une épaisseur de 2 mètres, s'oppose aux infiltrations superficielles. On est donc dans de bonnes conditions pour avoir une eau à l'abri de toute pollution. Enfin, les filtres étant assez près du fleuve renferment une eau dont les qualités se rapprochent de celles de la Garonne.

Les analyses faites par le Comité consultatif d'hygiène nous montrent, d'ailleurs, que la quantité des matières organiques est plus faible que dans l'eau de la Garonne. Cette eau ne renferme ni ammoniaque, ni nitrites ; les nitrates sont à l'état de traces. La teneur en sels est plus grande que celle des eaux du fleuve. Nous trouvons, en effet, dans ces puits un mélange des infiltrations du fleuve avec l'eau de la nappe phréatique, comme l'indiquent les différences dans les degrés hydrotimétriques qui sont de 13°,0 pour la Garonne et de 16°,5 pour l'eau des puits.

Les recherches bactériologiques ont donné, en décembre 1893, 120 germes par centimètre cube. La présence du coli a été constatée. Le Comité en conclut que l'eau est polluée et est par conséquent impropre à la consommation.

Les analyses que nous avons faites en juillet 1897 nous ont permis d'évaluer le nombre de germes à 200. La numération a été faite le quatrième jour. Toutes les colonies étaient liquéfiantes. Nous n'avons pu déceler à cette époque le coli que nous avons recherché à diverses reprises dans une quantité d'eau égale à 100 centimètres cubes et d'après le procédé Péré. La recherche du coli, effectuée de nouveau en mai 1898, nous a donné des résultats négatifs.

Pourtant, le 7 juin 1898 une nouvelle analyse décela la

présence du coli dans l'eau des puits de Braqueville. Le coli fut également trouvé, comme nous l'avons vu, à cette même époque dans la galerie de Portet. Au moment de la prise de l'échantillon l'eau du fleuve était sale et son niveau très élevé était à la cote de $140^{m},68$. Dans ces conditions la filtration semble s'être effectuée d'une manière moins satisfaisante.

Eau filtrée de Braqueville.

Analyse faite par le Comité consultatif d'hygiène.

ÉCHANTILLON PRÉLEVÉ DANS LA CUVE DE REFOULEMENT, LE 19 DÉCEMBRE 1893.

Analyse Chimique.

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre.

ÉVALUATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

1° En oxygène. . .	Solution acide.	1.000
	Solution alcaline.	1.250
2° En ac. oxalique $C^2O^4H^2+2H^2O$.	Solution acide.	7.880
	Solution alcaline.	9.850

OXYGÈNE DISSOUS

1° En poids.	10.375
2° En volume.	$7^{cc}.254$

RECHERCHES GÉNÉRALES

Ammoniaque et sels ammoniacaux.	0
Azote albuminoïde.	0
Nitrites.	0
Nitrates en AzO^3H.	traces.

Acide phosphorique	traces.
Acide sulfurique en SO^3	13,6
Chlorure de sodium en NaCl	8,4
Chlore correspondant en Cl	5,1

ANALYSE MINÉRALE

Résidu à 110°	186,3
Résidu après calcination	180,2
Perte au rouge	5,1
Silice en SiO^2	12,0
Chaux en CaO	72.8
Magnésie en MgO	9.7
Acide sulfurique en SO^3	13,6
Chlorurure de sodium en NaCl	8,4

COMPOSITION PROBABLE

Silice en SiO^2	12.0
Sulfate de chaux en SO^3Ca	23.1
Carbonate de chaux en CO^4Ca	113.1
Carbonate de magnésie en CO^3Mg	20.4
Chlorure de sodium en NaCl	8 4

HYDROTIMÉTRIE

Degré hydrotimétrique total	16°5
— permanent	3°5

Examen bactériologique.

Numération. — Cette eau renferme 120 germes aérobies par centimètre cube.

La numération est effectuée un mois après les ensemensements.

Spécification. — Les colonies observées appartiennent aux espèces suivantes :

Micrococcus urex ; Micrococcus aurantiacus ; Bacillus fluorescens putridus ; Bacterium termo ; *présence du* Coli-bacille.

Conclusion

Eau polluée (Présence du Coli-bacille).

Si l'on fait abstraction des filtres de la Prairie, où le coli-bacille pullule d'une façon permanente, on peut constater que les résultats des analyses bactériologiques des eaux des filtres de Portet et de Braqueville ne concordent pas. Néanmoins il est permis d'en déduire quelques données générales et de montrer que cette discordance résulte des conditions différentes dans lesquelles ont été effectuées ces analyses.

En effet, lorsque nous avons analysé pour la première fois, le 21 juillet 1897, les eaux des filtres de Portet et de Braqueville, nous n'avons pas trouvé le coli-bacille. A ce moment, le fleuve était dans un état moyen : le niveau correspondait au niveau moyen, et l'eau, nullement boueuse, était assez claire et d'une couleur verdâtre. Dans ces conditions la filtration s'effectuait d'une façon normale et l'eau recueillie dans la galerie et les puits était d'une assez grande pureté. L'analyse quantitative, faite à cette époque, montre que le nombre de germes par centimètre cube est notablement inférieur à celui du fleuve. Le coli-bacille contenu dans le fleuve est retenu par les couches filtrantes.

En mai 1898, les eaux du fleuve étaient très hautes, leur couleur jaunâtre indiquait la présence de matières boueuses en suspension. Les produits de filtration étaient si abondants que la galerie de Portet en était complètement remplie. Le coli-bacille, constaté dans le fleuve, se retrouve dans la galerie. La filtration, dans ce cas, ne s'effectuant pas sans doute avec la lenteur suffisante, ou pour toute autre cause, n'est plus assurée d'une manière aussi satisfaisante.

Ces conditions anormales persistant, le même phénomène se produit dans les puits de Braqueville, et le 7 juin 1898 la présence du coli-bacille est décelée dans leurs produits de filtration.

Il semble donc que la filtration ne s'effectue d'une manière satisfaisante que lorsque le fleuve se trouve dans son état moyen. Lorsque les eaux sont chargées d'impuretés et

que son niveau se maintient élevé pendant quelque temps, la filtration est moins bien assurée et l'eau des filtres moins pure.

La filtration est donc un phénomène complexe et les résultats obtenus avec les filtres naturels sont éminemment variables. Ces résultats changent avec les conditions locales et diffèrent, pour un même filtre, suivant le moment où on les étudie. Les conditions naturelles dans lesquelles ils sont placés étant variables, il n'y a pas lieu de s'étonner que les phénomènes qui s'y produisent changent d'un moment à l'autre.

Théoriquement, à une certaine profondeur, la filtration devrait être parfaite, mais, en réalité, comme le fait observer Duclaux, « même dans les terrains sableux les plus perméables, il y a des lignes de plus facile pénétration, des veines où l'eau circule plus vite..... De sorte que l'eau des profondeurs contient toujours une proportion variable d'eaux très bien filtrées et d'eaux de surface, d'eaux stériles et d'eaux plus ou moins peuplées. » (*Traité de microbiologie*, p. 435.)

Les expériences de MM. Abba, Orlandi et Rondelli sur le pouvoir filtrant des terrains dans lesquels sont creusées les galeries filtrantes des eaux potables de Turin, ont bien mis ce fait en relief. Une culture de *B. prodigiosus* était mélangée artificiellement à l'eau d'un ruisseau qui traversait le terrain filtrant au-dessus de la galerie. Le *B. prodigiosus* fut trouvé, quarante-deux heures après le commencement de l'expérience, dans l'eau de la galerie et y persista six jours. Le sol et surtout le sous sol renfermait ce bacille plusieurs mois après l'expérience. On obtint les mêmes résultats avec des substances colorantes.

Ce que nous avons observé dans les filtres de Portet et de Braqueville pourrait être rapporté à un fait du même ordre.

Lorsque le niveau du fleuve est dans un état moyen et que la filtration s'effectue avec une certaine lenteur, le coli-

bacille est arrêté par les couches filtrantes. Mais si les eaux du fleuve sont très impures et la filtration abondante, le coli-bacille n'est pas arrêté et passe dans les fitres.

La filtration à travers les couches du sol est donc loin de s'effectuer d'une manière parfaite, le sol présentant sur certains points des lieux de moindre résistance et par conséquent de moindre filtration.

Les filtres naturels doivent donc être surveillés de très près dans leur fonctionnement. Les eaux qui les alimentent, c'est-à-dire le fleuve et la nappe phréatique, doivent être connus dans leur régime et leurs propriétés.

Il est prudent de placer les filtres naturels loin des lieux habités, dans des points où la nappe phréatique n'est pas susceptible de présenter de causes d'infection. Le fleuve qui contribue à son alimentation ne doit pas être pollué par les détritus des villes situées en amont. Son courant doit être suffisamment rapide pour que les impuretés ne soient pas déposées sur les bords du terrain filtrant.

Ces conditions se trouvent réalisées, en partie, dans les filtres de Portet et de Braqueville, et néanmoins leur fonctionnement n'est pas parfait.

EAU DE LA CANALISATION ET DES RÉSERVOIRS

Eau de la galerie d'amenée des eaux de Portet et de Braqueville. — Au cours de nos recherches et dans le but de contrôler les résultats obtenus dans les analyses bactériologiques des galeries et puits de Portet et de Braqueville, nous avons été amené à analyser les eaux mélangées de Portet et de Braqueville dans la galerie qui les conduit à Toulouse dans le nouveau château-d'eau.

Un premier échantillon fut prélevé le 21 juillet 1897, dans

le regard percé sur cette conduite où l'on trouve mélangées, pour la première fois, les eaux de Portet et de Braqueville. Ce regard est à environ 2 kilomètres de Portet et à 200 mètres environ des filtres de Braqueville. Le coli-bacille y fut constaté, alors que sa recherche dans les eaux de la galerie et des puits de Portet et dans les puits de Braqueville avait donné des résultats négatifs. Afin de contrôler ce premier résultat, un nouvel échantillon d'eau de cette conduite fut prélevé le 18 août 1897 à Toulouse, au regard de la place du Fer-à-Cheval. Puisque le coli-bacille se trouvait dans cette conduite vis-à-vis Braqueville, on devait nécessairement le retrouver à l'entrée de cette conduite dans la ville. Le coli-bacille fut de nouveau constaté. Les 11 février et 7 juin 1898, la recherche du coli-bacille donna les mêmes résultats. Devant cette concordance dans les résultats, il n'était pas permis de douter de l'existence du coli-bacille dans la galerie d'amenée. Pour déceler le coli, nous avons opéré sur des échantillons de 100 centimètres cubes. Nous n'avons pu le retrouver dans 1 centimètre cube. Le coli-bacille, dans cette conduite, est donc bien moins abondant que dans les filtres de la Prairie. L'étude de sa virulence ne nous a pas donné des résultats concordants. Un seul de nos cobayes inoculés mourut de septicémie, comme le montra l'autopsie. Le virulence du coli-bacille de la galerie d'amenée paraît donc moins grande et, en tout cas, moins bien établie que celle du coli-bacille isolé dans l'eau des filtres de la Prairie.

Il résulte de ces recherches que le coli-bacille existe d'une façon constante dans l'aqueduc d'amenée des eaux de Portet à Toulouse.

Dans un premier cas (21 juin 1897), le coli-bacille fut constaté dans cette conduite, alors que sa recherche dans les galerie et puits de Portet avait donné des résultats négatifs. Une infection secondaire semblait donc se produire dans cette conduite. Il était difficile de préciser le point où elle s'effectuait.

Dans un deuxième cas (3 mai 1898), le coli-bacille était constaté dans la galerie de Portet. La recherche dans les puits de Braqueville et au point où les eaux de ces puits se jettent dans la galerie d'amenée de Portet à Toulouse, donna des résultats négatifs. L'infection semble donc bien localisée dans cette galerie d'amenée.

Dans un troisième cas (7 juin 1898), la présence du coli-bacille ayant été décelée dans la galerie filtrante de Portet et les puits de Braqueville, ainsi que dans la galerie d'amenée, il était impossible de tirer de conclusion au sujet de l'infection de cette dernière.

Le résultat important de ces recherches, est la présence constante du coli-bacille dans la galerie qui conduit à Toulouse les eaux de Portet et de Braqueville. Ce point établi, il restait à trouver quelle était la cause de cette infection. Il résulte de l'enquête à laquelle nous nous sommes livré que cette galerie n'est pas également étanche sur tout son parcours. Elle présente de nombreuses fissures permettant le passage d'infiltrations superficielles. La présence du coli-bacille dans cette galerie semble donc en rapport avec ces infiltrations venues de la surface. La région que traverse cette galerie est habitée; l'asile d'aliénés en est peu éloigné et l'on conçoit aisément que, dans ces conditions, l'eau dans son long trajet de Portet à Toulouse ait de nombreuses chances d'infection. Mais ce qui nous semble constituer un véritable danger au point de vue hygiénique, c'est le passage de l'égout de Braqueville (1) au-dessus de la galerie d'amenée. Cette dernière n'étant pas étanche peut recevoir des apports de l'égout. Dans ces conditions, il est aisé de concevoir quelles peuvent être les conséquences de cet état de choses. Qu'une épidémie éclate, en effet, à Braqueville et les germes seront charriés et répandus dans la ville. Il est

(1) L'égout de Braqueville passe à 4 mètres au-dessus de la galerie d'amenée. Il a été exécuté fin 1896.

donc de toute nécessité de remettre au plus tôt en état cette galerie d'amenée. M. l'ingénieur Quintin avait déjà reconnu la nécessité de réparer cette conduite.

« Une visite et des jaugeages, écrit M. Quintin dans son rapport, ont permis de constater que cette conduite perd fort peu et est en bon état, sauf en très peu d'endroits où il existe des fentes dans la voûte et dans le radier. C'est pourquoi nous estimons, contrairement à ce qui a été si souvent avancé, qu'elle ne doit pas être refaite complètement, mais simplement réparée. »

Il est donc urgent que cette galerie soit, sinon refaite, du moins rendue complètement étanche.

Eau des réservoirs. — Les analyses quantitatives que nous avons faites de l'eau des réservoirs de Périole (1) et de Guilheméry, nous ont donné des chiffres très élevés. La numération était rendue très difficile.

La numération faite le sixième jour nous a donné 2,700 germes pour le réservoir de Périole, et 1,100 germes pour le réservoir de Guilheméry, du cinquième jour au sixième, la gélatine était liquéfiée. Il n'y a pas lieu de s'étonner de ces chiffres, l'eau étant stagnante dans ces réservoirs. Celui de Guilheméry est si peu étanche, qu'on alimente les hauts quartiers avec ses pertes.

L'eau du réservoir de Périole, exposée à la lumière et à l'air à cause des ouvertures nombreuses disposées latéralement, mal abritée contre la température, est également dans des conditions très défectueuses. La température de l'eau était de 19° le jour de notre visite; sa surface était tapissée de tâches irrisées. Ces ouvertures, trop nombreuses et mal disposées, devraient être supprimées et remplacées par un

(1) Nous n'avons pas analysé l'eau du réservoir de Bonhoure. Ce réservoir étant construit sur le même plan que celui de Périole et présentant des conditions identiques.

système de cheminées qui prendrait l'air à l'extérieur et mettrait le réservoir à l'abri de la malveillance des enfants (1). Un remblai incliné pourrait en augmentant l'épaisseur des parois, préserver l'eau des variations de température.

Eau de la canalisation. — Les analyses chimiques de l'eau de la canalisation offrent, on le conçoit, un intérêt secondaire. Connaissant la composition des eaux composantes, il est facile d'en déduire la composition du mélange. Le comité consultatif d'hygiène a dosé un certain nombre de subtances ; en voici les résultats :

11 Février 1890	Chlore.	Acide nitrique Az^2O^5	Acide nitreux	Matière organique en oxygène		Ammoniaque	Oxygène dissous	
				Solution acide	Solution alcaline		En poids	En volume
Eau de la Ville... (Château-d'Eau)	0 007	0.002	0.0	0.0024	0.0018	0	0.009	6.3
Eau de la Ville.. (Borne du Capitole)	0.003	0.005	0.0	0.0016	0.0014	0	0.008	5.6

Le nombre de germes au château-d'eau était de 1.600 par centimètre cube ; à la fontaine du Capitole, il n'était que de 900. On ne constata pas la présence de bacilles pathogènes.

M. Miquel trouva 600 germes dans un échantillon qu'on lui avait adressé.

M. le Dr Guiraud a fait une série de recherches sur la quantité de germes contenus dans l'eau de la canalisation, dans diverses saisons. Cette quantité varie dans d'assez

(1) Il est très difficile à cause du facile accès des ouvertures, d'empêcher les enfants du quartier d'y jeter des pierres et de la terre. Le jour de notre visite, ils avaient même fait passer une porte par une des ouvertures.

larges limites, comme on peut s'en rendre compte par le tableau suivant. L'eau était prise au robinet du Laboratoire de la Faculté de Médecine.

EAU PRISE AU ROBINET DU LABORATOIRE D'HYGIÈNE de la Faculté de Médecine.	NOMBRE de COLONIES	
29 Avril 1892	300	
24 Mai 1892	375	
1er Juin 1892	300	
13 Juin 1892	400	
24 Juin 1892	200	
6 Août 1892	150	La période de sécheresse a débuté en mars.
29 Août 1892	150	
9 Novembre 1892	900	
18 Décembre 1892	3.000	
21 Janvier 1893	8.000	
18 Février 1893	7.000	
26 Avril 1893	200	
12 Mai 1893	400	
16 Novembre 1893	400	Mars et commencement Avril très secs. Les pluies n'ont commencé que vers la mi-Avril.
4 Décembre 1893	700	
10 Février 1894	500	
6 Mars 1894	400	
10 Avril 1894	300	
19 Mai 1894	600	

M. le docteur Guiraud fait observer que : « de l'examen de ce tableau il résulte que les chiffres trouvés dans les

analyses faites par le laboratoire, bien que se rapprochant comme moyenne de ceux trouvés par Miquel et Pouchet, varient dans d'assez larges proportions et nous voyons se vérifier ici la loi de Miquel sur la richesse microbienne.

« Pendant l'été 1892, le chiffre des microbes se maintient entre 200 et 400 ; puis, au moment des pluies d'automne, le chiffre s'élève tout à coup à 3.000 et se maintient pendant tout l'hiver entre 7.000 et 8.000. Puis arrive la longue période de sécheresse du printemps 1893, pendant laquelle le nombre de bacteries diminue considérablement et atteint son niveau le plus bas. Il remonte un peu en novembre et décembre pour s'abaisser de nouveau en février, mars et avril, période pendant laquelle les pluies ont été fort rares dans notre région, au point de faire redouter une nouvelle année de sécheresse (1). »

Nous avons eu l'occasion de constater des faits du même genre dans les recherches que nous avons entreprises sur l'eau de la canalisation. L'échantillon était pris comme précédemment au robinet du laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine. Pendant le mois d'août 1897, la quantité de germes était considérable, la gélatine ensemencée avec la dilution au $^1/_{100}$ fut envahie le quatrième jour par de petites colonies blanchâtres, au nombre de 50 (?) environ.

On peut donc évaluer au moins le nombre de germes à 5.000. Il convient de signaler une forte crue au commencement d'août. En janvier 1898, le nombre de germes resta assez élevé, la dilution au $^1/_{10}$ fut envahie dès le quatrième jour par un essaim de colonies semblables à celles déjà observées en août 1897. Dans la dilution au $^1/_{100}$ nous n'observâmes pas cette éclosion subite d'un aussi grand nombre de colonies ; la numération faite au bout de huit jours donna

(1) Voir la *Revue d'hygiène*, t. XVI, n° 11, 1894. — *Les eaux potables de la ville de Toulouse au point de vue bactériologique et sanitaire*, par M. le docteur Guiraud, professeur d'hygiène à la Faculté de médecine de Toulouse.

600 germes. Pendant le moins de février 1898 la numération effectuée quatorze jours après les ensemencements, donna 300 colonies non liquéfiantes ; la gélatine ne commença à se liquéfier que quinze jours après les ensemencements.

Par l'analyse qualitative on retrouve le coli-bacille que nous avons déjà signalé dans la galerie de la Prairie et dans la conduite d'amenée des eaux de Portet.

Pendant plus d'un an, du mois de décembre 1892 au mois de juin 1894, M. le docteur Guiraud rechercha le bacille d'Eberth et le bactérium coli par les procédés de Vincent et de Péré. Le bactérium coli put être décelé dans des quantités d'eau ne dépassant pas 100 à 200 centimètres cubes. Dans l'espace de quatorze mois, douze fois le coli bacille fut isolé. Il se présenta avec tous ces caractères typiques, comme le montre le tableau (p. 199).

Nous avons également constaté la présence du coli-bacille à diverses reprises, pendant l'été 1897 et l'hiver 1898, dans l'eau de la canalisation. Les échantillons étaient prélevés au robinet du laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine. Afin d'avoir une idée approximative sur l'abondance du coli-bacille nous opérions sur des quantités variables : 100 centimètres cubes et 1 centimètre cube (procédé Péré). Pendant le mois d'août 1897, le coli-bacille a pu être décelé et isolé dans 1 centimètre cube d'eau.

Le coli était donc à ce moment très abondant. Un cobaye auquel nous avons injecté 2 centimétres cubes de bouillon du coli ainsi isolé, mourut dans les quarante-huit heures. A l'autopsie la paroi abdominale était congestionnée et un peu infiltrée ; l'intestin grêle, sur une longeur de 15 centimètres environ, était également congestionné, de couleur rougeâtre et contenait un liquide louche, purulent, sanguinolent en certains points. Le coli présentait donc à ce moment une virulence assez grande.

En janvier 1898, deux ballons furent ensemencés, l'un

Recherches du bactérium coli commune dans l'eau de canalisation de Toulouse

L'eau a été puisée au robinet du laboratoire d'hygiène de la Faculté de Médecine.

DATE DE L'ANALYSE	PROCÉDÉ	CULTURES SUR GÉLATINE	CULTURES SUR POMME DE TERRE	BOUILLON LACTOSÉ	LAIT	CARACTÈRE microscopique
20 Décembre 1892	P. Péré.	Enduit blanc nacré envahissant toute la surface. Pas de liquéfaction.	Enduit brûnâtre, purée lentilles.	Fermentation active.	Coagulation lente.	Bâtonnets courts.
9 Mars 1893	id.	Enduit dans tube. col. rondes ombiliquées jaunâtre par transparence sur plaque.	Enduit sous forme de purée grisâtre, abondant.	id.	Coagulation rapide.	id.
10 Mars 1893	P. Vincent.	id.	id.	id.	id.	id.
15 Avril 1893	P. Péré.	id.	Enduit brûnâtre très abondant et épais.	Fermentation très active.	id.	id.
16 Juin 1893	P. Vincent.	id.	Enduit blanc jaunâtre mince, assez pauvre.	Fermentation douteuse.	id.	id.
14 Décembre 1893	P. Péré.	Trainée blanche, coliforme sur gelatine inclinée col. discoïde opaques non liquéfié sur plaques.	id.	Fermentation très active.	id.	id.
29 Janvier 1894	id.	id.	Enduit épais, puriforme, grisâtre.	id.	id.	id.
10 Avril 1894	id.	id.	Enduit jaunâtre.	id.	id.	id.
10 Juin 1894	id.	id.	Enduit humide puriforme, jaune brun clair.	id.	id.	id.

avec 100 centimètres cubes d'eau du robinet du laboratoire, l'autre avec 1 centimètre cube. Le coli ne put être décelé que dans le premier ballon ; et encore les réactions ne furent pas très caractéristiques. Le coli-bacille était donc très peu abondant.

Pendant le mois de février de la même année, le coli fut isolé dans 100 centimètres cubes pris dans les mêmes conditions que précédemment et présenta nettement ses réactions caractéristiques ; mais nous ne pûmes le déceler dans 1 centimètre cube comme pendant le mois d'août 1897. Deux centimètres cubes de bouillon du coli isolé, injectés dans le péritoine d'un cobaye, le tuèrent en quelques heures. L'autopsie montra qu'il était mort de septicémie. Un deuxième cobaye fut inoculé et mourut huit jours après.

On peut donc conclure que le coli-bacille existe normalement dans l'eau de la canalisation, que son abondance est variable et qu'il présente une virulence bien caractérisée.

Le bacille d'Eberth, recherché à diverses reprises par MM. les Docteurs Guiraud et Iversenq, n'a pu être isolé. Nous n'avons pas trouvé davantage de vibrions virgules.

L'eau de la canalisation au point de vue bactériologique est donc de mauvaise qualité. Il n'y a pas lieu de s'en étonner. Le quart environ de l'eau de la canalisation est formé par les eaux de la Prairie des filtres polluées par la nappe de Saint-Cyprien et les infiltrations superficielles ; les trois autres quarts sont fournis par les eaux des filtres de Portet et de Braqueville contaminées dans la galerie d'amenée. Les propriétés du mélange peuvent se déduire des propriétés des éléments.

Rapports des Eaux d'alimentation avec la Fièvre typhoïde.

Les analyses bactériologiques de l'eau d'alimentation sont impuissantes à déceler la présence du bacille d'Eberth. Il est, en effet, établi aujourd'hui que ce dernier ne peut

être isolé dans une eau qui renferme le bacterium coli. En présence de ce dernier, le bacille d'Eberth disparaît. Il n'en est pas moins vrai, s'il faut en croire MM. Brouardel, Thoinot, Chantemesse et Widal, que l'eau est le principal véhicule de la dothienentérie.

Ceci posé, nous devons nous demander s'il n'existe pas de rapport entre les fréquentes épidémies de fièvre typhoïde qui sévissent dans notre ville et les divers modes d'alimentation en eau potable employés dans ces dernières années. Dans les chapitres précédents, nous avons étudié ces derniers ; il nous reste à connaître le deuxième terme de cette comparaison.

La fièvre typhoïde règne en permanence à Toulouse, comme d'ailleurs dans tous les grands centres. Mais son intensité est variable. Elle procède par poussées successives et périodiques, s'étendant sur un certain nombre d'années. Le même phénomène se reproduit en petit dans la même année. La dothienentérie passe, dans une même année, par un maximum et un minimum correspondant à des mois déterminés. Il y a donc lieu de considérer cette affection dans son évolution périodique multi-annuelle et dans son évolution saisonnière.

Evolution multi-annuelle. — Envisagée dans la période de temps s'étendant de 1870 à 1895, l'évolution de la fièvre typhoïde (1) présente cinq périodes :

La première s'étend de 1870 à 1874 et présente son maximum en 1871 ; la deuxième, de 1874 à 1878, avec son maximum en 1875 ; la troisième, de 1878 à 1883, maximum en 1882 ; la quatrième, de 1883 à 1889, maximum en 1886, et la cinquième, de 1889 à 1893, maximum en 1891.

Pendant ces périodes, la marche ascendante et descendante s'effectue graduellement, sauf pendant les années

(1) Voir : Dr Larrouy : *La Fièvre typhoïde à Toulouse*, 18?7.

1871 et 1875, où l'épidémie acquiert brusquement son maximum d'intensité. Cette particularité se retrouve dans les épidémies d'origine hydrique. Or, nous avons vu qu'à cette époque l'eau de la galerie Guibal fut livrée à la consommation. A première vue, on serait donc tenté de voir entre ces deux faits une relation de cause à effet. Mais il faut tenir compte qu'à la suite de la guerre de 1870-71, les évacués des armées du Centre et de l'Est, décimés par la maladie et notamment par la fièvre typhoïde, encombraient les hôpitaux. Le germe de la maladie peut avoir été apporté par ces derniers. On ne peut donc rapporter la cause de cette épidémie à une infection des eaux.

Depuis cette époque, la fièvre typhoïde a été en décroissance, comme l'établissent les statistiques de la mortalité typhique dans la population civile et dans la garnison.

En effet, de 1871 à 1875, la moyenne de la mortalité typhique était, dans la population civile, de 11,8 pour 10,000 habitants. De 1876 à 1880, de 7,6 ; de 1881 à 1885, 9,2 ; de 1886 à 1890, 8,2 ; enfin, de 1890 à 1895, elle était tombée à 3,9.

Dans la garnison, M. le docteur Guiraud et M. le docteur Marvaud, directeur du service de santé du 17e Corps, ont observé la même décroissance dans la mortalité typhique. De 1886 à 1888, le taux de la mortalité était de 13,6 pour 10,000 hommes. De 1889 à 1890, il n'était plus que de 14,7 ; et enfin, de 1892 à 1896, il était descendu à 12,2.

La comparaison de la mortalité typhique à Toulouse et dans les principales villes de France, nous conduisent au même résultat.

Pendant les années 1886, 1887, 1888, la mortalité typhique à Toulouse était presque aussi élevée qu'à Marseille. D'après le rapport de M. le docteur Brouardel dans la *Revue d'hygiène*, le taux était de 10,06 pour 10,000 habitants à Marseille et de 10,02 pour 10,000 habitants à Toulouse. D'après les relevés de M. le docteur Larrouy ; en 1893 la

mortalité tombe à 2,20 à Toulouse, alors qu'à Marseille elle est de 5,27, et Toulouse devient, depuis cette époque, une des villes où la mortalité typhique est la plus faible. En 1895 la mortalité ne s'élève pas, elle se maintient égale à 200, et Toulouse reste une des villes les plus favorisées après Paris, Lyon et Lille.

Evolution saisonnière. — Au point de vue de son évolution saisonnière, la fièvre typhoïde est une maladie de l'été et de l'automne.

On peut se demander s'il n'y a pas un rapport entre les recrudescences de cette affection et les périodes de sécheresse ou de pluies et de crues.

La marche de la hauteur des pluies et la marche de la fièvre typhoïde, d'après M. le docteur Larrouy, seraient au point de vue de leur évolution dans un rapport inverse. Cet auteur, se basant sur des statistiques dressées pendant les années 1885, 1886, 1887, 1889, formule ainsi son opinion : Si la moyenne de la hauteur des pluies tend chaque mois à s'élever, le nombre des décès typhiques tend à s'abaisser ; si la hauteur des pluies tend à s'abaisser, le nombre des décès tend à augmenter.

Les statistiques de M. le docteur Larrouy montrent, en outre, que la marche de la hauteur des eaux n'a aucune influence sur la marche typhoïde. Ainsi, au mois d'octobre 1894, et dans les mois suivants où le niveau du fleuve très élevé se maintint à $2^{m}16$ au-dessus de l'étiage, et en 1895 avec un niveau assez élevé $0^{m}82$ et $1^{m}52$ au-dessus de l'étiage, on ne constate pas de poussée de fièvre typhoïde. Il en est de même pour les basses eaux.

Quelques résultats obtenus par M. le docteur Rémond (1) ne concordent pas avec ces statistiques. Pendant les mois

(1) *Essai sur la fièvre typhoïde à Toulouse*, par M. le docteur Rémond (de Metz). — *Bulletin de la Société de médecine de Toulouse*, 1893, p. 10.

d'août et de septembre de l'année 1892, à la suite de pluies abondantes dans la région, la Garonne subit trois crues rapides alternant avec des niveaux très bas. A chaque crue correspondait un certain nombre de cas de fièvre typhoïde constatés à l'hôpital par M. le docteur Rémond. Tous ces cas étaient bénins et il était difficile d'établir si l'on avait affaire réellement à de la fièvre typhoïde ou à l'embarras gastrique vulgaire.

De cette discordance dans les résultats nous pouvons conclure qu'il est difficile d'établir un rapport entre la marche de la hauteur des eaux et l'évolution de la fièvre typhoïde.

De tous ces faits, il résulte que la fièvre typhoïde a considérablement décru pendant les vingt-cinq dernières années et qu'elle tend à décroître de plus en plus. Mais y a-t-il une relation entre cette décroissance et les améliorations apportées dans le service d'alimentation en eaux potables de notre ville. C'est ce qu'il est difficile d'établir. Cette diminution ne pourrait-elle correspondre plutôt à une période d'accalmie dans l'évolution de cette affection? Nous savons, en effet, que la fièvre typhoïde procède par poussées, d'une intensité variable, se renouvelant par périodes, sous l'influence de causes qui nous échappent. Les progrès effectués dans les conditions hygiéniques de notre ville n'ont-ils pas exercé une action favorable sur cette décroissance? Autant de questions que nous pouvons nous poser, et auxquelles il est impossible de répondre. La seule conclusion que l'on puisse tirer de cet exposé, est qu'il existe des causes nombreuses d'infection et que l'eau est par conséquent suspecte. Il n'y a donc rien d'étonnant que la contamination ait toute facilité de s'exercer, mais on n'a jamais pu la saisir sur le fait.

QUATRIÈME PARTIE

PROJETS D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

DIVERS PROJETS

Divers projets de distribution d'eau ont été proposés dans ces dernières années. Nous n'en retiendrons que les principaux dont deux ont fait l'objet de plusieurs rapports du Comité consultatif d'hygiène.

PROJET DE M. LE DOCTEUR BESAUCÈLE.

Abandonnant le principe de la filtration naturelle que l'on avait suivi fidèlement depuis d'Aubuisson, M. le docteur Besaucèle, conseiller municipal, proposait de clarifier l'eau de la Garonne par le moyen de filtres artificiels. Ce projet, soumis le 20 novembre 1887, fut adopté dans les séances des 12 et 17 janvier par l'assemblée municipale, sur le rapport de M. Frébault.

Le filtre artificiel était placé sur la rive droite de la Garonne, au port Garaud, dans un terrain appartenant à la ville. On évitait ainsi l'inconvénient qui existe avec les filtres situés sur la rive gauche, de faire passer la conduite maîtresse sur le Pont-Neuf. Un accident, en effet, survenant à ce pont pouvait priver subitement la ville de son eau d'alimentation. Ce filtre était constitué à sa partie supérieure

par trois couches de sable fin de 0m,40 d'épaisseur chacune, de sable grossier et de menu gravier d'une épaisseur de 3m,30. Ces couches étaient enfermées dans un bassin de 160 mètres de long sur 6 mètres de large. Les murs des extrémités et le mur du côté des côteaux étaient pleins et revêtus extérieurement d'un enduit de ciment, pour empêcher les eaux d'infiltration de s'introduire dans le filtre. Le mur du côté du fleuve était construit dans sa partie inférieure en brique tubulaire pour permettre aux eaux de la Garonne de traverser les couches filtrantes.

Les eaux filtrées étaient recueillies par une galerie, à 30 mètres de la rive, suivant le grand axe du bassin. Le radier était à 4m,70 au-dessous de l'étiage du fleuve. Les pieds-droits étaient formés en partie de briques creusées, percées de trous pour permettre le passage de l'eau filtrée.

Une galerie dont le radier était à 0m,55 au-dessous de l'étiage, amenait les eaux du fleuve à la tête des filtres. L'eau était reçue dans un bassin de décantation et finalement dans un puisard d'où on la refoulait dans la canalisation.

Enfin, par une disposition spéciale, le courant de l'eau dans le filtre pouvait être interverti pour le nettoyage du filtre.

Le filtre était défendu contre les crues par des cavaliers de terre très élevés.

Un filtre d'essai fut creusé. L'eau, analysée par M. Frébault, donna le même degré hydrotimétrique que l'eau de la Garonne. Les nitrates étaient à l'état de traces. La quantité d'oxygène empruntée au permanganate de potasse en dissolution alcaline, fut de 1mg,44. M. Frébault, se fondant sur ces résultats, déclara l'eau potable.

Le devis s'élevait à 292,660 francs.

Le Comité consultatif d'hygiène donna un avis favorable, mais formula ainsi son opinion (1).

(1) Jacquot. Premier rapport sur l'alimentation en eau potable de la ville de Toulouse.

« Il n'y a pas lieu de considérer l'eau ainsi filtrée comme potable.

« Cette eau sera comparable à celle de la Prairie des Filtres et de l'alluvion de Portet ; et qu'elle pourra dès lors concourir avec ces dernières à l'alimentation, sous la réserve stipulée dans le rapport : d'un assainissement complet du terrain communal (disparition des usines insalubres et des fosses insalubres). Avec cette formule, le projet pourra être mis à exécution. » La municipalité ayant été changée, le projet du docteur Besaucèle ne fut pas exécuté.

PROJET DE M. GALINIER

Avec le projet soumis en 1889 par M. Galinier (1), ingénieur de la ville, nous revenons au principe de la filtration naturelle.

M. Galinier proposait d'établir de nouveaux filtres dans l'alluvion de Canti, sur la rive droite de la Garonne, vis-à-vis les filtres de Portet.

Alluvion de Canti. — Cette alluvion est formée par une plage basse dont la berge est en forme d'arc de cercle, bordée en grande partie par la Garonne, qui décrit un coude en ce point et par l'Ariège sur une portion très petite en amont. Du côté des terres, elle s'appuie sur les collines de Vieille-Toulouse. Sur la route de Toulouse, à la Croix-Falgarde qui la traverse, se trouve situé le petit hameau

(1) Avant ce projet, M. Galinier avait proposé d'améliorer les filtres de la Prairie et de Portet et de n'employer leurs eaux que pour les besoins domestiques. Les eaux nécessaires pour le service de la voie publique devaient être prises directement dans la Garonne, et après une filtration sommaire, être refoulées dans une canalisation spéciale. Le Conseil municipal, dans sa séance du 21 août 1886, décida que les eaux seraient prises dans des graviers en avant des filtres de Portet et filtrées naturellement. Pour se conformer à ce programme, M. Galinier élabora un projet définitif.

de Canti. Une digue en terre a été élevée en avant de ce hameau pour protéger les cultures contre les inondations.

Les sondages pratiqués montrèrent qu'au-dessous des plus basses eaux de la Garonne on avait une épaisseur de graviers qui, en certains points, pouvait atteidre 2^m20 et n'était jamais inférieure à 1^m95, reposant sur la marne. Cette dernière ne présente pas les ondulations qu'on trouve dans les cailloutis de l'autre rive. Ces graviers étaient remarquablement purs. « On n'y rencontre, dit M. Galinier, aucune trace de vase, ni de végétation, ni aucun élément de contamination, et l'on est en droit de compter sur une clarification complète ».

Un puits d'essai fut foré et l'eau, analysée par M. Surre, directeur du laboratoire municipal de Toulouse et par M. Sabatier, professeur de chimie à la Faculté des sciences. Elle fut déclarée potable (Voir analyse de M. Sabatier, page 209).

Des analyses bactériologiques furent faites par le laboratoire de Montsouris.

Ce projet a fait l'objet de deux rapports du comité consultatif d'hygiène (1).

Examen bactériologique des divers puits d'essai de la Garonne et de l'Ariège (Laboratoire de Montsouris).

« Les nombres de colonies microbiennes ne sont donnés qu'à titre comparatif; nous sommes, en effet, persuadés que les méthodes actuelles ne permettent point la numération exacte en valeur absolue, numération qui, d'ailleurs, n'est peut-être pas d'un intérêt bien considérable.

NOMBRE DE COLONIES PAR CENTIMÈTRES CUBES :

Ariège	7.400
Garonne (après le confluent)	3.400
Puits I (après épuisement)	700 à 1.000

(1) Deuxième rapport Jacquot ; rapport de MM. Brouardel et Ogier.

Puits II (après épuisement)....	3.700
Puits V (après épuisement)...	2.000
Puits B....................	600
Puits de Canti...............	1.100
Puits de Bouchounade.......	4.600

TABLEAU comparé des Analyses exécutées sur l'eau de la Garonne et sur celle du Canti.

ANALYSE de l'eau de la Garonne par M. H. SAINTE-CLAIRE-DEVILLE		ANALYSE de l'eau du puits de Canti par M. SABATIER	
Carbonate de chaux....	gr. 0,0645	Carbonate de chaux....	gr. 0,13200
Carbonate de magnésie.	0,0034	Carbonate de magnésie.	0,01123
		Chlorure de magnésium,	0,00439
Carbonate de manganèse	0,0030	Carbonate de manganèse	traces
Peroxyde de fer.......	0,0031	Peroxyde de fer.......	traces
Chlorure de sodium....	0,0032	Chlorure de sodium....	0,00234
Silice................	0,410	Silicate de soude.......	0,00114
		Silicate de potasse.....	0,01097
Sulfate de soude.......	0,0053	Sulfate de soude.......	0,02414
Sulfate de potasse.....	0,0076	Azotate de potasse.....	0,00429
Carbonate de soude....	0,0065	Matières organiques et traces diverses par différence.............	0,00500
TOTAL........	0,1376	TOTAL........	0,19550
Les matières organiques n'ont pas été dosées.			

« Un tiers environ des colonies sont des mucidinées. Il y a dans toutes ces eaux un petit nombre de germes chromo-

gènes, banals (Bac. fluorescent, non liquéfiant; peu de germes liquéfiants, sauf dans l'eau de l'Ariège); on n'a pas observé de bacilles pathogènes connus, en particulier pas de bacille typhique, point de germes indiquant une contamination possible des eaux par des matières fécales, fumiers, etc., etc. Toutes ces plaques de cultures présentaient à peu près les mêmes caractères. » (Rapport de MM. Brouardel et Ogier.)

Dispositif adopté. — Les eaux d'infiltration dont la direction est parallèle au cours du fleuve devaient être arrêtées par un mur d'arrêt perpendiculaire à la direction de la Garonne. Elles étaient recueillies par une galerie partant du mur d'arrêt et de 500 mètres de long, à 110 mètres environ du fleuve. La voûte en béton était supportée par des pieds-droits en brique tubulaire. Six drains déversaient leurs eaux dans la galerie. Le système atteignait un développement de 1.172 mètres. Le nettoyage était pratiqué au moyen de chasses automatiques. Les eaux, déversées dans un puisard, devaient être refoulées par des machines élévatoires dans une conduite en fonte de 80 centimètres de diamètre. Cette conduite devait suivre la rive droite de la Garonne et aboutir à deux réservoirs, l'un sur le coteau de Pech-David, d'une capacité de 15.000 mètres cubes; l'autre, à Périole, d'une contenance de 20.000 mètres cubes. Un barrage sur l'Ariège, détournant la moitié environ du débit de cette rivière, fournirait la force motrice. La dépense était évaluée à 3.200.000 francs.

Le Comité consultatif d'hygiène approuva le projet tout en faisant les réserves suivantes : « Le projet de M. Galinier, si intéressant et si bien étudié qu'il soit d'ailleurs, n'est donc qu'un pis-aller ; c'est une solution provisoire ; mais nous croyons l'avoir démontré au début de ce rapport, l'alimentation actuelle de Toulouse en eau potable est tout à fait

insuffisante et cette situation ne saurait durer plus longtemps. »

Ce projet fut repoussé par le Conseil général des ponts et chaussées.

PROJETS D'ADDUCTION D'EAU DE SOURCE

Le Comité consultatif d'hygiène, dans les divers rapports adoptés, ne considère que comme provisoires les projets d'alimentation basés sur le principe de la filtration naturelle ou artificielle. Il engage l'administration municipale à rechercher la solution du problème de l'alimentation dans l'adduction d'eaux de sources prises à leur point d'émergence.

La commission extra-municipale de 1893 émet la même opinion et engage les pouvoirs publics « à préparer la solution définitive à laquelle la ville de Toulouse sera, sans doute comme toutes les grandes villes, amenée dans la suite, c'est-à-dire l'adduction d'eau de source. »

Suivant ces avis, le Conseil municipal créa, le [illegible] avril 1893, une section d'études.

De nombreux jaugeages (1) faits par l'ingénieur de la ville, M. Quintin, et par M. Gajan, conducteur des ponts et chaussées, il résulte que les sources situées dans les environs immédiats de Toulouse n'ont pas un débit suffisant pour alimenter la ville. Néanmoins, nous verrons que certaines, par leur importance, peuvent constituer un appoint qui n'est pas négligeable.

Eau de source de Clairfont (2).

Ces sources (3) sont situées dans la commune de Portet, près des filtres de Braqueville. Elles sont fournies par la

(1) Voir rapport de l'ingénieur de la ville, M. Quintin.
(2) La propriété de Clairfont appartient à M. de Caumont.
(3) Ces sources avaient été signalées par la Commission extra-municipale des eaux (12 mars 1893).

nappe phréatique des terrasses diluviennes de la rive gauche de la Garonne et présentent douze naissants qui émergent du sable, aux environs duquel croît du cresson en abondance. Leur débit est suffisant pour assurer le service privé de Toulouse. En été, il est plus considérable qu'en hiver et s'élève à 9,000 mètres cubes en moyenne ; en hiver, il ne passe pas 6,000 mètres cubes. Néanmoins, vu leur proximité de la conduite d'amenée des eaux de Portet à Toulouse, elles peuvent constituer un appoint considérable et économique.

L'eau est très claire et très limpide. La température est de 12° à 15°. Des analyses ont été faites au laboratoire personnel de M. le docteur Garrigou, et par le laboratoire du Comité consultatif d'hygiène publique de France.

Voici le résultat de l'analyse faite par M. le docteur Garrigou, le 20 juin 1896 :

Température corrigée..........	12° 1
Densité	1000.368
Degré hydrotimétrique........	21
Résidu salin à 100°...	0gr,3255 par litre.
Perte au rouge, après addition de carbonate d'ammoniaque..	0 0300
Acide sulfurique..............	0 0281
— carbonique total.........	0 3600 (?)
— azotique................	0 0159
Chlore	0 0076
Silice	0 0432
Chaux	0 1012
Magnésie	0 0067
Soude	0 1268
Potasse	traces.

M. le docteur Garrigou concluait : « L'eau, quoique un peu chargée en carbonate de chaux, peut être utilisée pour les besoins de la ville, Les nitrates y sont presque aussi

abondants que dans l'eau de la Garonne phréatique, que l'on boit à Toulouse ».

Il résulte, des analyses chimiques, comme on peut le constater en les comparant, que cette eau est très chargée en sels comme le sont, d'ailleurs, les eaux de la nappe phréatique.

Les analyses bactériologiques faites par le Comité consultatif d'hygiène permettent de conclure que ces eaux de source sont potables.

Les résultats des analyses bactériologiques que nous avons obtenus en juillet 1897 concordent absolument avec ceux du Comité consultatif d'hygiène. Nous avons trouvé le même nombre de germes (50 germes). Le coli-bacille, recherché dans 100 centimètres cubes d'eau, n'a pas été décelé par le procédé Péré.

De la concordance des résultats, on peut conclure de la bonne qualité de cette eau.

Sources de Clairfont.

Analyses faites par le laboratoire du Comité consultatif d'hygiène publique de France.

ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS LE 15 JUIN 1896

Analyse chimique.

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre.

ÉVALUATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

1° En oxygène. . .	Solution acide.	0.750
	Solution alcaline.	1.000
2° En ac. oxalique	Solution acide.	5.910
$C^2O^4H^2+2H^2O$.	Solution alcaline.	7.880

OXYGÈNE DISSOUS

1° En poids	10.500
2° En volume	$7^{cc}.340$

RECHERCHES GÉNÉRALES

Ammoniaque et sels ammoniacaux	0
Azote albuminoïde	0
Nitrites	0
Nitrates en AzO^3H	23 8
Acide phosphorique	faib. traces.
Acide sulfurique en SO^3	21.3
Chlorure de sodium en NaCl	20.0
Chlore correspondant en Cl	12.1

ANALYSE MINÉRALE

Résidu à 110°	324.1
Résidu après calcination	280.7
Perte au rouge	43.4
Silice en SiO^2	19.0
Chaux en CaO	115.9
Magnésie en MgO	10 1
Acide sulfurique en SO^3	21 3
Chlorure de sodium en NaCl	20 0

COMPOSITION PROBABLE

Silice en SiO^2	19.0
Sulfate de chaux en SO^4Ca	36.2
Carbonate de chaux en CO^3Ca	180.4
Carbonate de magnésie en CO^3Mg	21.2
Chlorure de sodium en NaCl	20.0

HYDROTIMÉTRIE

Degré hydrotimétrique total	23.0
— permanent	4°.5

EXAMEN BACTÉRIOLOGIQUE

Numération. — Cette eau renferme 50 germes aérobies par centimètre cube. La numération est effectuée un mois après les ensemencements.

Spécification. — Aspergillus niger; Micrococcus luteus; Micrococcus versicolor; Bacterium termo; Bacillus subtilis.

La recherche spéciale des espèces pathogènes ou suspectes a donné des résultats négatifs.

Conclusion.

Eau de bonne qualité.

SOURCES DES VALLÉES DE L'ARIÈGE ET DE L'HERS

(Proposition de la Société d'études toulousaine et de M. Mandement).

Les sources des environs immédiats de Toulouse étant d'un débit médiocre, les recherches se portèrent sur les sources des vallées voisines. Une société dite *Société d'études toulousaine* et M. Mandement, après avoir jaugé les sources des vallées de l'Ariège et de l'Hers, proposèrent au Conseil municipal l'adduction de diverses sources naissant sur la rive droite de l'Ariège, à l'aval de Pamiers, et sur la rive gauche de l'Hers, à l'aval de Mazères. Ces sources, provenant de la nappe phréatique de la plaine comprise entre l'Ariège et l'Hers, devaient fournir, au minimum, 350 à 500 litres par seconde.

D'après les jaugeages de l'ingénieur de la ville, M. Quintin, et de M. Gajan, ces promesses seraient exagérées. Ces sources auraient un débit qui ne dépasserait pas 105^{l},37; aussi, M. Quintin conclue-t-il au rejet de ces propositions. Voici, d'ailleurs, les résultats de l'étude de ces diverses sources, entreprise par M. l'Ingénieur de la ville.

Sources de la rive droite de l'Ariège.

Sources de Bonnac. — Les sources de Bonnac alimentent le village du même nom, situé sur la rive droite de l'Ariège ; l'excédent devait être amené à Toulouse par une conduite spéciale. Mais ces sources sont la propriété de la commune, qui pouvait un jour vouloir en disposer. On ne pouvait donc compter sur ces ressources.

Sources de Lafargue. — Parmi les nombreuses petites sources de Lafargue, les deux plus importantes sont captées. Leur rendement ne dépassait pas 3 litres par seconde, le 13 mai 1893 (jaugeage direct.) Les autres sources forment un petit ruisseau qui traverse le village du Vernet, où il se joint à un autre ruisseau formé par des sources situées à l'amont du Vernet. Le jaugeage de ces deux ruisseaux donna 25 litres au lieu des 108 litres trouvés par la Société d'études toulousaine.

Sources entre le Vernet et le confluent de l'Ariège et de l'Hers.

On constate les mêmes écarts dans les résultats des jaugeages de ces sources. Entre le *Vernet* et le *Câhteau* on trouve un premier groupe de sources, puis viennent les sources : du *Château* et de l'*Etang*, de *Saint-Paul*, la *Bartalo*, *Borde-Grande*, *Argus*, *Fenexac* et *Juigeau*, *Artenac*, *Lapeyre*, *Beyssac*, *Lagène*, *Picarrou* et de *Tramezaygues* à *Boulbonne* (utilisées par un couvent).

Les débits indiqués par la Société toulousaine s'élèvent à $140^{l},37$. Ceux trouvés par l'ingénieur de la ville, les 13 et 14 mai, ne dépassent pas $25^{l},50$.

Sources de la rive gauche de l'Hers. — Toutes ces sources s'écoulent dans un canal artificiel servant de lavoir au château de Terraqueuse. Le jaugeage fait dans ce canal le

14 mai, donna 40 litres, alors que la Société toulousaine avait trouvé 76^{l},99.

Sources du Nert.

Ces sources, plus éloignées que les précédentes, sont à 120 kilomètres de Toulouse. C'est sur l'indication de M. Fontès, ingénieur en chef des ponts et chaussées, que M. l'ingénieur Quintin les étudia et les jaugea.

Elles forment cinq groupes qui déversent leurs eaux toujours limpides dans le fond d'une vallée encaissée, où leur réunion donne naissance à un petit cours d'eau, le Nert, affluent de la rive droite du Salat. En partant de l'amont, on trouve successivement les groupes du *Lauch*, du *Madiès*, de *Riverenert*, de la *Tourasse*, et le groupe qui fournit l'eau de lavage à l'usine Job. Ce dernier groupe ne saurait être utilisé à cause des dépenses entraînées par l'expropriation de cette usine.

L'absence d'industrie dans la vallée du Nert rendrait peu dispendieuse l'acquisition de la plupart de ces sources, auxquelles on pourrait joindre le trop-plein des sources de la Tourasse qui alimentent la ville de Saint-Girons.

On obtint, en 1898, un débit minimum de 250 litres par seconde. Cette quantité est donc insuffisante pour une ville de l'importance de Toulouse. « Néanmoins, ajoute M. l'ingénieur Quintin, ce débit est tel que nous croyons devoir poursuivre les études déjà commencées dans la vallée du Nert et rechercher, dans les vallées avoisinantes, s'il n'existe pas d'autres sources pouvant former un appoint suffisant à celle que nous venons de décrire. » Depuis l'époque de la rédaction du rapport de l'ingénieur de la ville des sources considérables ont été signalées dans la vallée d'Alet, commune d'Ustou, dans l'Ariège.

SOURCE DE FONTESTORBES

L'adduction de cette source, située à 140 kilomètres de Toulouse, a été proposée par la Société marseillaise de grands travaux.

Issue de terrains jurassiques, à deux kilomètres environ de Belesta (Ariège), cette source se jette dans l'Hers. Elle est intermittente une partie de l'année.

D'après l'examen fait en septembre par M. l'ingénieur Quintin, l'eau fut trouvée « fraîche et limpide. »

L'étude de son régime spécial devant entraîner une dépense trop considérable, n'a pas été faite. D'ailleurs, « la source de Fontestorbes a, en effet, au simple jugé, un débit suffisant pour Toulouse. (En très basses eaux, en 1894, un jaugeage grossier nous a donné 400 litres comme débit moyen quotidien.) Toutefois, son adduction est rendue très problématique à cause des dépenses énormes qu'entraîneraient son éloignement et les nombreuses indemnités à verser aux usiniers qui ne vivent que par elle et aussi parce que les troubles, à la suite de gros orages, la rendent impropre à l'alimentation. » (Rapport de M. l'ingénieur Quintin.

EAU DE LA NAPPE PHRÉATIQUE DE LA VALLÉE DE L'ARIÈGE

La vallée de l'Ariège, à partir de Varilhes, composée d'alluvions très perméables reposant sur le miocène imperméable du bassin sous-pyrénéen, possède une nappe phréatique d'une extrême abondance donnant naissance à de nombreuses sources. Nous venons de voir que l'on a songé, d'ailleurs, à utiliser certaines d'entre elles pour l'alimentation de la ville de Toulouse. Telles sont les sources de Bonnac, d'Artenac, du Vernet et de Terraqueuse, où les nappes phréatiques forment de petits cours d'eau.

Près de Saverdun, les sources issues de la nappe phréatique sont d'une telle abondance qu'elles inondent les champs.

Ces eaux sont, pour la plupart, de bonne qualité ; leur température varie de 10° à 12° et leur degré hydrotimétrique ne dépasse pas 25°.

M. le docteur Garrigou a songé à utiliser les eaux de cette nappe phréatique pour l'alimentation de notre ville. « Il est certain, ainsi que je l'ai dit bien souvent, qu'une semblable quantité d'eau qui peut ici être estimée, dans l'écoulement de la partie visible de la nappe phréatique, à 400 litres par seconde environ, pourrait être utilisée pour alimenter en eau potable une ville comme Toulouse, exigeant 20.000 mètres cubes en vingt-quatre heures. La nappe phréatique en donnerait, dans sa partie visible, près de 30.000.

» Mais pour utiliser complètement la nappe en question dans tout son entier, il faudrait barrer la vallée profondément entre les côteaux et ramener au jour, en un point plus bas que le lieu de captage, toute la masse d'eau ainsi emmagasinée. On aurait alors un nouveau cours d'eau pouvant donner à la fois l'eau potable, la force motrice, l'arrosage et le transport.....

» Il est certain, proportion gardée, que la tranche d'eau qui imbibe l'alluvion de l'Ariège sur un kilomètre de long au niveau de Saverdun, par exemple, est encore énorme, et comme cette tranche se renouvelle sans cesse, il est probable qu'elle constituerait, comme eau potable et comme cours d'eau utilisable pour l'industrie et pour le transport, une richesse importante que notre incurie laisse improductive. » (*Excursion hydrologique dans l'Ariège*, par M. le docteur Garrigou, an. 1893, p. 63.)

Le captage des eaux de la nappe phréatique de la vallée de l'Ariège devrait être effectué à un niveau supérieur à celui des réservoirs de Périole et de Guilheméry, l'eau ainsi captée devant s'écouler dans ces réservoirs sous l'action de

sa gravité. Il faudrait remonter à la hauteur de Saverdun pour satisfaire à cette condition.

A ce niveau, M. le docteur Garrigou propose l'établissement d'une grande tranchée d'un kilomètre à 1,500 mètres de longueur. Une grande partie de la nappe phréatique serait ainsi recueillie et le débit en serait mesuré au moyen de vannes. En abaissant suffisamment le plan supérieur de l'eau, on ferait un appel de cette dernière et l'on pourrait disposer du volume d'eau nécessaire. L'eau serait amenée par des aqueducs couverts, afin de lui conserver une température voisine de 10 à 12°. L'aqueduc bâti dans les côteaux miocènes aurait une pente uniforme le plus longtemps possible. La traversée de la plaine s'effectuerait par des siphons en fonte, reliant l'aqueduc aux points extrêmes, c'est-à-dire aux réservoirs.

Dans les conduites parfaitement faites et placées à un mètre au-dessous du niveau du sol, la température de l'eau se conserve admirablement. Ainsi les eaux de la Dhuis et de la Vanne ne gagnent que un degré après avoir parcouru une longueur d'aqueduc de 130 à 170 kilomètres.

La composition des eaux ne paraît pas non plus s'altérer par un écoulement prolongé dans une conduite maçonnée. La chaux n'est pas dissoute. Bien au contraire, si la source est bicarbonatée calcique, elle dépose contre les parois de la maçonnerie une couche d'un vernis calcaire, très solide, qui finit par préserver l'eau du contact de la galerie.

C'est là, certainement, ce qui arriverait avec la mise en exploitation de la nappe phréatique.

EAU DE LA NAPPE PHRÉATIQUE DE LA LA VALLÉE DE LA GARONNE.

M. le docteur Garrigou propose également le captage de la nappe phréatique de la vallée de la Garonne. On procèderait comme pour la nappe phréatique de la vallée de

l'Ariège. La tranchée devrait être creusée à la hauteur de Cazères.

EAU DES LACS PYRÉNÉENS.

On a proposé l'adduction des eaux des lacs Pyrénéens. L'eau de ces lacs est toujours pure et limpide; le degré hydrotimétrique est très peu élevé, la densité ne dépasse pas 1000,1 environ, et le résidu salin n'est que de 0 gr. 1. La matière organique brûlée à la surface est absente dans les couches profondes. Ces lacs, éloignés des lieux habités, ne risquent pas d'être pollués. Sous l'action de la sédimentation et de la lumière l'eau est purifiée. C'est surtout au milieu du lac que l'eau se dépouille de ses germes, comme l'ont montré MM. Fol et Dunant pour le lac de Genève.

Karlinski a constaté le même fait pour le lac de Borke, dans l'Herzégovine. Il trouva, en outre, que le nombre de germes diminuait avec la profondeur, mais, à une certaine limite voisine du fond, le nombre de germes augmentait dans d'assez fortes proportions.

Les eaux des lacs sont beaucoup plus pures que les eaux courantes. « Les lacs de Zurich et de Lucerne, d'après Cramer, le lac Katrine qui alimente Glasgow, d'après Percy-Frankland, le lac de Lintrathen qui alimente Dundee, le lac Tegel près de Berlin, celui de Schulen qui est une expansion de l'Eider, contiennent tous, malgré leur caractère d'eaux superficielles, beaucoup moins de bactéries que les eaux courantes et sans cesse en mouvement à la surface du sol. » (Duclaux, *Traité de Microbiologie* p. 453.)

Il n'y a donc rien d'étonnant que l'on ait songé à l'adduction des eaux des lacs pyrénéens pour alimenter la ville de Toulouse. Les deux lacs proposés sont ceux de Naguilhe dans l'Ariège et d'Oô dans la Haute-Garonne.

Le lac de Naguilhe est alimenté par des sources. Le lac d'Oô, situé à 157 kilomètres de Toulouse, est alimenté par

cinq lacs supérieurs où l'eau passe successivement pour s'écouler dans le plus inférieur où l'eau serait captée. L'eau dans son trajet chemine dans des éboulis granitiques et micacés, où elle s'épurerait si elle n'y arrivait déjà limpide.

L'eau serait siphonée au milieu du lac et à une certaine profondeur. On recueillerait ainsi l'eau dans les meilleures conditions hygiéniques.

Les sondages faits par M. Belloc, dans les lacs des Pyrénées luchonnaises et ceux de M. Delebecq, dans les Pyrénées ariégeoises, montrent qu'à une profondeur de 67 mètres, pour le lac d'Oo et de 75 mètres pour le lac de Naguilhe, la température et la composition de l'eau sont constantes.

Ces eaux pourraient être amenées au pied de la ville et élevées par des machines. Ce procédé est plus économique que le mode d'adduction des eaux par leur propre gravité dans des aqueducs employés par les Romains. « L'intérêt de la différence des capitaux engagés, dans ces deux cas, serait de beaucoup supérieur aux dépenses annuelles d'entretien (charbon, mécaniciens, etc.), occasionnés par l'emploi de moteurs élévatoires. » (Rapport de M. l'ingénieur Quintin, p. 33.)

Une des grandes difficultés de cette solution réside dans la dépense qu'elle entraînerait. Le moyen le plus pratique pour cette fin, d'après M. le Dr Garrigou, serait le syndicat de toutes les villes de la vallée de la Garonne et de l'Ariège, des Pyrénées à Bordeaux. Le trajet de la canalisation qui distribuerait l'eau à cette région serait de 400 kilomètres en ligne de talweg de la vallée. M. le Dr Garrigou établit qu'en admettant une canalisation revenant à 100 francs le mètre (prix parfaitement admissible), la dépense de la canalisation serait de 40.000.000. A cette dépense il faudrait joindre 10,000.000 d'autres travaux. L'ensemble des travaux et de la canalisation représenterait une dépense de 50 millions. En donnant aux dépenses imprévues une importance égale aux dépenses prévues, on arrive au chiffre

de 100 millions, chiffre bien exagéré. En réalité, on pourrait compter sur une dépense maxima de 90.000.000. La répartition de cette somme donnerait 10.000.000 par cent mille habitants. Dans ces prévisions, la ville de Toulouse aurait à supporter une dépense de 15.000.000.

« En réalisant un projet de captage des eaux des lacs pyrénéens et en les transportant dans toutes les villes de la vallée de la Garonne, on donnerait un exemple vraiment profitable pour l'hygiène et la santé générale. L'on porterait en abondance dans toutes nos villes sous-pyrénéennes l'un des éléments indispensables à la santé : une eau pure et saine en abondance. » (Dr Garrigou.)

AVANT-PROJET DE M. QUINTIN (Ingénieur de la Ville).

Dans son rapport de 1895, M. Quintin, ingénieur de la ville, présentait un avant-projet d'amélioration de la distribution d'eau. Ces améliorations portaient sur trois points : les filtres, le matériel élévatoire et la canalisation.

Filtres. — L'usine de Portet, dont il est difficile de méconnaître le caractère provisoire, devrait être remplacée par une nouvelle dont la plate-forme serait au-dessus du niveau des grandes inondations. La locomobile actuelle ferait place à des machines fixes données au concours.

Le rendement de la galerie serait augmenté par l'établissement d'un drain, placé en amont, de 300 mètres de long, parallèle au fleuve. Ce drain aboutirait à l'extrémité de la galerie Une galerie non étanche, creusée entre le côteau et la galerie de filtration, distribuerait l'eau de la Garonne sur le banc filtrant. Ces deux améliorations avaient été proposées par la Commission de 1893. M. Quintin compte sur un accroissement de débit de 3,000 mètres cubes.

A Braqueville, on construirait onze puits filtrants semblables à ceux déjà installés, à 30 mètres de la berge du fleuve et distants de 70 mètres. Ces puits siphonneraient

dans un puisard central. De nouvelles machines élèveraient ces eaux dans la conduite d'amenée.

Matériel élevatoire.— La quantité d'eau à élever étant plus considérable, le matériel élevatoire actuel serait insuffisant. L'établissement d'une nouvelle turbine et d'un nouveau matériel élevatoire à vapeur devient le complément indispensable de ces améliorations.

Canalisation. — Le réseau de la canalisation présente, nous l'avons vu, une disposition ramifiée. Certaines conduites se terminent en cul-de-sac. Le résultat de cette disposition se traduit par une perte de charge assez considérable ; de plus, les eaux stagnant dans ces branches terminales sont dans des conditions hygiéniques défectueuses. Aussi a-t-on proposé de transformer ce réseau en réseau maillé par le raccordement entre elles des conduites terminales.

Sources de Clairfont. — M. l'ingénieur Quintin propose l'achat des sources de Clairfont. Ces sources remplaceraient les eaux polluées de la Prairie des Filtres. A cause de leur situation près de la conduite d'amenée, il serait peu onéreux de les y déverser. La conduite d'amenée, pour les recevoir, serait agrandie et réparée par la même occasion.

Ce point de projet mérite qu'on s'y arrête puisqu'il tend à introduire, dans l'alimentation en eau potable de notre ville, l'emploi d'eau de source actuellement préconisée par tous les hygiénistes. Enfin, l'introduction de ces eaux dans la galerie d'amenée des eaux de Portet rendrait encore plus urgentes les réparations de cette conduite où se contaminent les eaux.

M. l'ingénieur Quintin estime que, grâce à ces améliorations, on pourra disposer des 35,000 mètres cubes nécessaires.

DISCUSSION GÉNÉRALE

CRITIQUE DE LA DISTRIBUTION D'EAU ACTUELLE ET DES DIVERS PROJETS.

L'étude de la distribution d'eau actuelle nous a révélé son insuffisance au double point de vue de la *quantité* et de la *qualité*.

Malgré, en effet, les nombreux travaux effectués jusqu'à ce jour pour améliorer le service des eaux, on n'a pu soutirer aux filtres qu'une vingtaine de mille mètres cubes environ, alors que 35.000 mètres cubes au moins seraient nécessaires pour une ville de 150,000 âmes. Et encore, sur ces 20.000 mètres cubes, les 5 à 6.000 mètres cubes fournis par la galerie Guibal de la Prairie des Filtres, ne sauraient-ils rentrer en ligne de compte comme eau potable.

La valeur hygiénique de l'eau de la canalisation, c'est-à-dire de l'eau qui sert directement à l'alimentation se déduit des propriétés des éléments qui la composent. Elle est constituée, en effet, par le mélange de l'eau des filtres de la Prairie, absolument impotable, et des eaux des filtres de Portet et de Braqueville contaminées dans la galerie d'amenée par des infiltrations superficielles. La présence du coli-bacille dans cette conduite nous a permis cette constatation, et l'enquête à laquelle nous nous sommes livré à ce sujet nous l'a confirmée. Aussi le coli-bacille pullule-t-il dans l'eau de la canalisation où nous avons pu le déceler dans 1 centimètre cube et sa virulence est-elle très accu-

sée. L'état sanitaire de la ville, au point de vue typhique, quoique très amélioré dans ces dernières années, laisse encore fort à désirer et concorde, dans une certaine mesure, avec les observations précédentes. Néanmoins, il est impossible d'établir un rapport de cause à effet entre l'endémicité typhique et le mode de distribution d'eau. Nous voyons bien que la canalisation présente des points faibles où la contamination peut s'effectuer; mais, comme nous l'avons dit dans un chapitre précédent, nous ne pouvons la saisir sur le fait. C'est ainsi que dans la galerie d'amenée, les eaux de Portet et de Braqueville recevant des apports d'infiltrations superficielles, sont susceptibles de transporter dans la ville les germes des épidémies qui sévissent sur leur trajet, mais nous n'avons pas jusqu'ici observé de fait semblable. La possibilité d'une contamination nous est seule démontrée. Nous savons aussi qu'au-dessus de cet aqueduc passe l'égout de Braqueville et nous avons insisté sur les dangers qui pouvaient en résulter. Le mal, pour ce qui est de cette conduite, est d'ailleurs réparable. Il suffit de la remettre en état et de la rendre complètement étanche. En résumé, le mélange de ces eaux, d'origines diverses, ne peut être que suspect.

Pour remédier à cet état de choses, une première question se pose. Doit-on, en effet, continuer à demander au principe même de la filtration naturelle les nouvelles ressources ou est-ce à d'autres moyens qu'il convient de s'adresser? Le problème de l'alimentation des villes comporte diverses solutions. On peut, en effet, exploiter :

1° L'eau des nappes phréatiques ;

2° L'eau de rivière, filtrée artificiellement (*Filtration artificielle*) ;

3° L'eau recueillie dans les terrains filtrants des berges; *filtration naturelle* (mélange d'eau de rivière et d'eau de la nappe phréatique) ;

4° L'eau des lacs ;

5° L'eau des sources.

L'emploi de ces divers moyens est indiqué d'après les conditions locales. Le mode d'alimentation doit donc varier suivant les circonstances : « Toutes choses égales, d'ailleurs, on doit donner la préférence au système qui présente le plus de garanties d'une bonne alimentation en tout temps, par suite de la simplicité et de la sûreté de son fonctionnement et qui exige la moindre dépense de premier établissement et de frais annuels capitalisés. » (Congrès de Dusseldorf, 1876.)

L'eau des nappes phréatiques que l'on recueille dans les puits ne convient, en général, qu'aux distributions d'eau restreintes. Pourtant, dans certains cas, la nappe est si abondante qu'elle constitue comme une véritable rivière souterraine. Mais on ne saurait trop prendre de précautions pour l'établissement d'une semblable distribution d'eau. Les puits ou galeries devront être placés à l'abri de toute contamination. L'examen des lieux, dans ce cas, est de la plus haute importance. Ce mode d'alimentation est très peu employé.

La filtration artificielle a été préconisée à Toulouse par M. le Dr Beseaucèle. Ce procédé, surtout en faveur en Angleterre et employé à Berlin et à Zurich, présente deux inconvénients principaux. Le premier réside dans la stagnation de l'eau sous une épaisseur assez faible dans des bassins découverts. Cette eau, exposée aux variations de température, s'échauffe considérablement en été et les végétations obstruant les filtres peuvent s'y développer ; en hiver, l'eau se congèle et le service est arrêté, comme cela se produit à Berlin. Ces inconvénients peuvent être évités en couvrant les filtres, mais la dépense devient plus considérable. Le deuxième inconvénient et le plus important est la dépense nécessitée par de tels filtres. Leur établissement demande un grand espace ; un personnel nombreux, un entretien constant, des nettoyages périodiques, etc., etc.

Enfin, l'eau ainsi filtrée ne peut être conservée longtemps sans se corrompre.

Cette solution doit donc être écartée pour les raisons exposées ci-dessus.

Reste à choisir entre la filtration naturelle, d'une part, et, d'autre part, le captage des eaux de sources et de lacs. Nos recherches sur les filtres de Toulouse permettent de se faire une idée de leur valeur filtrante.

L'eau qu'ils recueillent a une double origine ; une partie provient des infiltrations fluviales ; l'autre partie de la nappe phréatique. Les dangers de contamination sont donc doubles et peuvent provenir du fleuve et de la nappe phréatique. Comme le fait remarquer Duclaux, ils sont très différents suivant l'origine de l'eau. Pour ce qui est du fleuve, « on peut calculer le degré de viciation auquel l'amènent les villes, les habitations ou les industries riveraines, mettre en balance les avantages et les inconvénients financiers et hygiéniques de la captation, enfin faire un calcul où il entre bien quelques données hypothétiques, mais dont les grands éléments sont pourtant assez exactement connus. » (*Traité de Microbiologie*, t. I, 1898, p. 566.)

En un mot, les dangers venant du fleuve peuvent être appréciés d'un façon assez exacte. Il n'en est plus de même des dangers provenant de la nappe souterraine. « Il est vrai de dire, en général, de celle-ci que, tant à cause de son volume parfois énorme que de la filtration fine qu'elle subit dans les couches poreuses du sol, elle est le plus souvent très pauvre en microbes, même quelquefois absolument privée de germes vivants, cultivables dans nos bouillons. Mais, localement, elle peut avoir passé sous un groupe d'habitations, avoir reçu, par infiltration des eaux ménagères, des eaux d'égout ou de latrines ; elle peut, de ce fait, devenir dangereuse et apporter des germes pathogènes dans la canalisation. Il faut donc, quand on est exposé à recevoir dans des galeries de filtration établies au voisinage d'un fleuve, faire l'inspection des abords, examiner, tant au point de vue géologique qu'au point de vue géognostique, la

pente générale, la direction, les lignes de parcours de la nappe souterraine, au moins à quelques kilomètres au voisinage de la galerie, bref, faire une étude très soignée de la région environnante. » (Duclaux, *Traité de Microbiologie*, t. I, p. 567.)

C'est ce que nous avons essayé de faire pour les filtres qui alimentent Toulouse

Les terrains filtrants de la Prairie font partie, au point de vue de la nappe souterraine, du sol d'un faubourg populeux, celui de Saint-Cyprien. Les conditions hygiéniques de ce faubourg laissent fort à désirer. D'après les statistiques dressées par M. le docteur Larrouy (*La fièvre typhoïde a Toulouse*, thèse pour le doctorat en médecine, 1897), le quartier Saint-Cyprien est le plus éprouvé par la fièvre typhoïde, et la mortalité y est très élevée. On y observerait une proportion de 19,2 décès par 1.000 habitants. Cet auteur attribue cette endémicité à une infection du sol due au dépôt de déjections humaines et de détritus de toutes sortes provenant des démolitions ou autres de l'intérieur de la ville que l'on y a portés. Les nombreuses fosses non étanches de ce quartier contribuent pour une large part à cette infection du sol et, par conséquent, de la nappe phréatique. Or, comme nous l'avons vu, il y a communication entre la nappe souterraine de Saint-Cyprien et la nappe de la Prairie des Filtres. Nous savons aussi que la partie du sol de la Prairie, voisine de l'ancien moulin Vivent, a été formée des débris de toute nature que l'on y a accumulés. La Prairie des Filtres sert, en outre, de champ de manœuvre à la garnison et sa proximité en rend l'accès facile aux enfants qui y vont jouer. La surface du sol de la Prairie est donc constamment contaminée et les infiltrations superficielles viennent apporter leur appoint à la pollution de la nappe souterraine.

Mais ce n'est pas seulement, nous l'avons vu, de la nappe phréatique que provient l'infection de ces filtres, le mauvais état du lit du fleuve y contribue pour sa part. A la suite de

cette contamination des filtres provenant des crues de la rivière, M. le docteur Rémond observa l'intoxication d'un certain nombre d'individus dont une partie est entrée à l'hôpital.

Cet auteur compare ce qui passe dans le lit de la Garonne à ce que Pettenkofer a observé dans le sous-sol de Munich. « Ici l'eau est à ciel-ouvert, là elle formait une nappe d'eau souterraine ; mais là comme ici, l'éclosion de la maladie a succédé à l'envahissement par l'eau de couches d'humus imprégnées de matières ayant subi une putréfaction plus ou moins prolongée..... A l'état normal, lorsque le fleuve est calme, que les détritus se déposent facilement, que les filtres ne sont alimentés que par le bras droit de la Garonne où le courant est rapide et la vase rare, l'alimentation se fait avec une eau relativement propre. Survienne une crue, et l'eau bourbeuse, rapide, soulevant le fond sur lequel, depuis de longs jours, croupissaient des substances organiques, fournit aux filtres un liquide totalement différent de celui qu'ils recevaient 24 heures ou 36 heures auparavant. Huit jours en moyenne après cette crue (14, 17 août — 28 août, 1, 3 septembre) les malades se présentent à la consultation, et l'observation ne décèle là rien qui diffère sensiblement des épidémies de quartier de la capitale. » (Dr Rémond. *Essai sur l'étiologie de la fièvre typhoïde à Toulouse.*)

Mais nous avons vu que les cas observés par M. le docteur Rémond étaient bénins et le diagnostic hésitant entre la fièvre typhoïde et l'embarras gastrique vulgaire. D'autre part, M. le docteur Larrouy, se basant sur des statistiques nombreuses, nie l'influence de la marche de la hauteur des eaux sur la marche de la fièvre typhoïde.

Quoiqu'il en soit, il n'y a rien d'étonnant, étant donné l'état des ces filtres, que nous ayons toujours constaté la présence du coli-bacille dans les eaux de la Prairie en assez grande abondance. On le décèle parfois dans 1 centimètre cube et il est doué d'une virulence très nette.

Le simple examen des lieux suffit donc *a priori* pour faire rejeter de l'alimentation l'emploi de l'eau des filtres de la Prairie, et l'analyse bactériologique vient confirmer ce jugement.

Les filtres de Portet et de Braqueville, situés en amont de la ville et éloignés de centres importants de population, semblent placés dans de meilleures conditions hygiéniques. L'infection par la nappe phréatique paraît peu probable. Les dangers de contamination provenant du fleuve sont moins à redouter que ceux que nous avons constaté pour les filtres de la Prairie. Le lit du fleuve, en ce point où le courant est très rapide, est peu vaseux et ne reçoit pas de produits de déjections animales. Néanmoins, la filtration n'est pas parfaite.

Le fonctionnement de ces filtres est très régulier lorsque le fleuve est dans son état moyen. Mais les analyses bactériologiques que nous avons faites pendant la période des hautes eaux montrent que, durant cette période, la filtration ne s'effectue plus aussi bien. La quantité des produits de filtration augmente, mais leur qualité diminue. Le coli-bacille du fleuve passe dans les filtres et sa virulence est assez accusée. Ce n'est pas que nous voulions attribuer à la présence du coli-bacille dans l'eau une importance très grande. Mais son apparition dans les filtres, liée à des conditions anormales de filtration, semble indiquer, à ce moment, une *insuffisance* du filtre. Si donc l'eau du fleuve est contaminée par une ville située en amont de Toulouse, l'infection aura toute facilité de se propager par l'eau des filtres. La présence du coli-bacille est plutôt le symptôme de la contamination que la cause elle-même. Puisqu'il en est ainsi, pouvons-nous observer une corrélation entre les recrudescences de la fièvre typhoïde et le niveau du fleuve. Nous avons vu qu'il était difficile d'établir un rapport entre l'insuffisance des filtres en période des hautes eaux et l'endémicité typhique à Toulouse. Remarquons, en outre, que

les centres de population d'une certaine importance placés en amont de Toulouse, en sont assez éloignés. Il est donc possible que l'eau du fleuve, dans son parcours, ait le temps de se purifier avant son arrivée à Portet. Nous connaissons la puissance de la purification spontanée des eaux courantes (1). Si donc les filtres sont insuffisants pendant la période des hautes eaux, les dangers de contamination provenant du fleuve ne semblent pas pour cela être établis d'une manière bien nette. Les observations qui précèdent ne nous permettent de porter sur ces filtres qu'un jugement très réservé.

Les critiques sévères dont les filtres de Toulouse ont été l'objet et leur condamnation en bloc, ne nous paraissent pas très justes. Dans un rapport du Comité consultatif d'hygiène, M. Jacquot regarde les filtres naturels « comme des expédients incapables de modifier la qualité de l'eau qui en provient et dès lors indignes de figurer à l'avenir dans les distributions affectées aux usages domestiques. » Cette opinion est basée presque uniquement sur des analyses bactériologiques. Or, actuellement, ce moyen d'investigation est regardé comme insuffisant pour caractériser une eau. Comme nous l'avons montré au début de ce travail, toutes les conditions doivent être soumises à un examen critique. Les filtres naturels sont, effet, tres différents les uns des autres et le même jugement ne saurait s'appliquer à tous. Les filtres de la Prairie, par exemple, placés dans l'intérieur même de la ville, sont dans des conditions hygiéniques bien différentes de celles des filtres de Portet et de Braqueville établis à plusieurs kilomètres en amont de Toulouse. Alors même que dans certaines conditions nous trouvions le coli-bacille dans ces derniers, bien moins abon-

(1) C'est ainsi que dans son court trajet de Paris à Meulan, la Seine, polluée par les égouts qui s'y rendent, a complètement repris son aspect de Paris et toute trace d'infection y a disparu.

dant il est vrai, nous ne sommes pas autorisé à accorder à cette constatation la même importance que dans le cas précédent.

Néanmoins, il est avéré aujourd'hui que ce procédé de filtration est insuffisant pour une grande ville et qu'on doit lui préférer l'emploi d'eau de sources captées à leur point d'émergence ou encore l'emploi d'eau de lacs placés à l'abri de toute contamination. On doit donc regarder les galeries et puits creusés dans les masses filtrantes des berges comme des moyens bons pour une ville de médiocre importance, dont les ressources ne lui permettent pas d'aller chercher au loin les eaux de son alimentation. Si cette ville est placée dans des conditions favorables pour l'établissement de tels filtres et si ces filtres sont préservés de toute infection, cette solution économique donnera d'assez bons résultats.

Sous le rapport des sources, Toulouse est assez mal dotée. Les plus proches, trop-pleins de la nappe phréatique des terrasses diluviennes de Lardenne et de Saint-Simon, ont un débit médiocre. Elles sont insuffisantes pour assurer seules l'alimentation de la ville. Pourtant certaines d'entre elles, qui sourdent dans la propriété de Clairfont et dont nous avons fait une étude spéciale, sont susceptibles de constituer un appoint important. Les sources plus éloignées, pour la plupart mal connues, pourront aussi être utilisées. Celles des Pyrénées, remarquables par leur fraîcheur et leur pureté, rempliraient les conditions hygiéniques requises. Captées à leur point d'émergence, où n'existe aucune cause de pollution, elles seraient amenées à Toulouse où des machines les élèveraient et les distribueraient dans la ville. On pourrait aussi utiliser les eaux des lacs Pyrénéens.

L'éloignement (1) (70 à 100 kilomètres) rend le captage

(1) M. Jacquot, dans son premier rapport de 1883 au Comité consultatif d'hygiène, sur les eaux de Toulouse, montre que : au point de vue des

et l'amenée des eaux pyrénéennes difficile et onéreux (1). Cette solution, proposée d'abord par M. le docteur Garrigou (2), puis par le Comité consultatif d'hygiène et la commission extra-municipale de 1893, demande à être étudiée avec le plus grand soin. En attendant le résultat de ces études qui ne manqueront pas de demander un temps très long, une solution transitoire s'impose. Il paraît naturel de la chercher dans l'amélioration du service existant.

Nous avons vu que l'ingénieur de la ville, M. Quintin, propose, dans son avant-projet de 1895, l'amélioration et l'extension de la distribution actuelle. Le remplacement des filtres de la Prairie par les sources de Clairfont est assurément le point le plus intéressant de ce projet. D'après les calculs de M. Quintin, ce projet donnerait à la ville les 35.000 mètre cubes qui sont nécessaires à son alimentation. Mais peut-on compter sur les 35.000 mètres cubes promis? L'expérience seule pourra nous le dire.

distances de la ville, au lieu d'émergence des sources pyrénéennes, Toulouse n'est pas placée dans des conditions trop désavantageuses.

De Paris aux sources de la Vanne.	160 kilomètres
De Paris aux sources de la Dhuis.	130 —
De Toulouse à Valentine (bourg situé au débouché de la Garonne dans la plaine). . . .	80 —
De Toulouse à Saint-Martory (centre des Petites-Pyrénées.	65 —

La distance de Toulouse à Valentine n'est donc que la moitié de celle de Paris aux sources de la Vanne.

(1) L'Administration supérieure, consultée en 1890 par MM. les docteurs Brouardel et Ogier, considérant que les dépenses exigées par un tel projet sont si considérables, que les ressources de la ville ne pourraient y faire face, déclarer qu'elle ne saurait, en conséquence, en autoriser la réalisation.

(2) En 1887, dans la *Revue médicale d'hydrologie et de climatologie pyrénéenne* (10 juillet 1887), M. le docteur Garrigou établit comme solution du problème de l'alimentation en eau potable des grandes villes : 1° qu'il est préférable d'emprunter eaux sources les eaux d'alimentation ; 2° qu'il faut éviter d'une manière absolue de se servir des eaux du sous-sol des grandes villes qui sont toujours plus ou moins contaminées par les infiltrations malsaines de la surface ou du sous-sol lui-même (eaux d'égouts et liquides s'échappant des puisards et des fosses d'aisances) ; 3° de se servir quand on ne peut pas avoir des eaux de sources des infiltrations des rivières.

Le rendement des filtres a toujours été inférieur au débit prévu ; il est difficile d'apprécier *a priori* la quantité d'eau que peut fournir un filtre naturel formé de couches hétérogènes et dont le coefficient de perméabilité varie sur une étendue très restreinte. Cette solution, d'ailleurs, ne saurait être définitive. Les besoins, en effet, augmentent dans une proportion qui n'est pas en rapport avec l'accroissement de la population. Il doit donc arriver un moment où les ressources limitées des bancs d'alluvion deviennent insuffisantes ; de là la nécessité, pour une ville importante, de s'adresser aux eaux de sources, comme Belgrand en a montré la possibilité pour la ville de Paris ou encore aux eaux des lacs des montagnes placés à l'abri de toute pollution. En attendant cette solution définitive et encore éloignée, la distribution d'eau actuelle, grâce aux améliorations proposées, pourra assurer le service d'une manière assez satisfaisante. D'ailleurs, comme l'a dit Bechmann : « Là, comme en bien des choses, il faut savoir se contenter d'un *à peu près* ».

CONCLUSIONS

I. — L'alimentation des villes en eaux potables peut être assurée par :

1° L'eau des nappes phréatiques ;

2° L'eau des rivières filtrée artificiellement. *Filtration artificielle ;*

3° L'eau qui circule dans les graviers des berges ; mélange de l'eau de la nappe phréatique et des infiltrations fluviales. *Filtration naturelle* ;

4° L'eau des lacs;

5° L'eau des sources.

II. — Toulouse, depuis d'Aubuisson (1830), a recours pour son alimentation à la filtrattion naturelle.

Les bancs d'alluvion, où sont creusés les filtres, sont au nombre de trois :

La Prairie des Filtres;

Le cailloutis de Portet;

Le ramier de Braqueville.

La Prairie des Filtres est *dans la ville même* et est en continuation avec le sol du faubourg de Saint-Cyprien.

Le cailloutis de Portet et le ramier de Braqueville sont *hors ville*, à plusieurs kilomètres en amont.

La ville est alimentée par le mélange de ces eaux.

III. — Les filtres de la Prairie, contaminés par suite du voisinage de la ville, fournissent une eau *impotable.*

Présence du coli-bacille en grande quantité, doué d'une virulence bien accusée. On peut le déceler dans un centimètre cube d'eau.

IV. — Les filtres de Portet et de Braqueville, hors ville et placés dans de meilleures conditions hygiéniques, fonctionnent d'une manière satisfaisante lorsque le fleuve est dans son état moyen.

Pendant la période des hautes eaux et des crues, l'eau de la rivière étant boueuse et son niveau élevé, les filtres sont *insuffisants*.

Le coli-bacille qui normalement ne se trouve pas dans les filtres, mais qui est permanent dans l'eau de la rivière, passe dans les filtres ; sa virulence est assez nette.

Il est difficile d'établir une relation entre cette insuffisance des filtres et l'endémicité typhique.

V. — Les eaux des filtres de Portet et de Braqueville se contaminent secondairement dans la galerie d'amenée des eaux de Portet et de Braquevile, par suite d'apports d'infiltrations superficielles pénétrant dans cette galerie par les nombreuses fissures de la voûte.

Présence du coli-bacille d'une manière permanente dans cette conduite.

L'égout de Braqueville passe au-dessus de cette galerie. Les eaux qui parcourent cette conduite sont susceptibles d'être infectés par suite de ce voisinage, grâce au mauvais état de la voute, et de véhiculer des épidémies.

VI. — L'eau de la canalisation, mélange de ces eaux d'origine et de nature diverses, est *suspecte*. L'état sanitaire de la ville, au point de vue typhique, quoique bien amélioré dans ces dernières années, laisse encore fort à désirer et vient confirmer ce jugement.

La distribution d'eau actuelle est insuffisante au double point de vue de la *qualité* et de la *quantité* (20.000 mètres cubes au lieu de 35.000 mètres cubes).

VII. — Les améliorations proposées par M. l'ingénieur

Quintin, directeur des travaux de la ville, consistent en extension de la distribution d'eau actuelle : creusement de nouveaux puits à Braqueville, augmentation de la force motrice, transformation du réseau de la canalisation et remplacement des filtres de la Prairie par les sources de Clairfont ; agrandissement de la galerie d'amenée des eaux de Portet pour recevoir les eaux de ces sources, et réparation de cette conduite. On obtiendrait ainsi, d'après les calculs de M. l'ingénieur Quintin, les 35.000 mètres cubes nécessaires pour l'alimentation de la ville.

VIII. — L'adduction des eaux des lacs ou des sources des Pyrénées qui satisferaient tous les désiderata hygiéniques serait un moyen très onéreux à cause de leur éloignement.

Cette solution, qui seule serait définitive, mérite d'être étudiée avec le plus grand soin.

IX. — En attendant cette solution, la distribution d'eau actuelle améliorée pourra assurer le service de l'alimentation de la ville d'une manière assez satisfaisante.

Toulouse, le 2 juin 1898
Vu : *Le Président de Thèse,*
F. GARRIGOU.

Vu : *Le Doyen,*
LABÉDA.

Vu et permis d'imprimer :
Toulouse, le 4 juin 1898.
Le Recteur,
PERROUD.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

ABADIE-DUTEMPS. — La Question des eaux à Toulouse en 1887.

ABBA, ORLANDO ET RONDELLI. — Essai d'expériences sur le pouvoir filtrant des terrains. Gazzetta medica di Torino, n° 28, 1896.

ARISTE ET L. BRAUD. — Histoire populaire de Toulouse (1898).

D'AUBUISSON DE VOISINS. — Histoire de l'établissement des fontaines à Toulouse. Mém. de l'Ac. des sc. de Toulouse, tome second, 1re partie (1830), p. 159.

BECHMANN. — Distributions d'eau. Paris, 1888.

BELGRAND. — La Seine. Paris, 1872.

BROUARDEL ET OGIER. — Rapport sur un projet d'amélioration de la distribution d'eau de la ville de Toulouse (Projet Galinier). Recueil des travaux du Comité consultatif d'hygiène, séance du 5 mai 1890.

BRUNHES. — Recherches expérimentales sur le passage des liquides à travers les substances perméables et les couches filtrantes. Thèse présentée à la Faculté des sciences de Toulouse en 1881.

CATEL. — Histoire des Comtes de Toulouse.

COURMONT. — Précis de bactériologie (1897).

DARCY. — Les Fontaines publiques de Dijon. Paris, 1862.

DAUBRÉE. — Les Eaux souterraines à l'époque actuelle. Paris, 1887.

DISPAN. — Analyse de l'eau de la fontaine de la place Saint-Etienne à Toulouse. Mém. Ac. des sc. de Toulouse, tome premier, 1re partie (1827), p. 151.

DUCLAUX. — Traité de microbiologie (1898).

DUPUIT. — Traité théorique et pratique de la conduite et de la distribution des eaux, 2e éd. Paris, 1865.

FILHOL. — La Vérité sur la nouvelle distribution d'eau de la ville de

Toulouse. Extrait des Mémoires des sciences physiques et naturelles (1871).

FOL ET DUNANT. — Recherches sur le nombre de germes vivants que renferment quelques eaux de Genève. Genève, 1884.

GARRIGOU. — Etude sur les filtres et sur l'eau des fontaines de Toulouse (1873).

— Un point de l'alimentation des grandes villes en eau potable Revue d'hydrologie pyrénéenne (1885), p. 161.

— Alimentation des grandes villes en eaux potables. Revue d'hydrologie pyrénéenne (1885), p. 289.

— Excursion hydrologique dans l'Ariège (1893).

GUIBAL. — Note sur l'écoulement de l'eau à travers les terrains filtrants. Mém. Ac. des sc. de Toulouse, 5e série, t. IV (1860), p. 128.

— Jaugeage des eaux fournies par les filtres de Toulouse pendant l'étiage de la Garonne. Mém. Ac. des sc. de Toulouse, 5e série, t. IV (1860), p. 486.

GUIRAUD. — Manuel pratique d'hygiène (1890).

— Les Eaux potables de la ville de Toulouse au point de vue bactériologique et sanitaire. Extrait de la Revue d'hygiène (1894),

IVERSENC. — Le Bacille typhique. Toulouse, 1897.

JACQUOT. — Premier Rapport sur l'alimentation en eau potable de la ville de Toulouse. Projet complémentaire tendant à accroître la quantité d'eau disponible au moyen d'une prise d'eau dans la Garonne et d'un filtre mixte établi au Port-Garaud. Recueil des travaux du Comité consultatif d'hygiène ; séance du 6 fév. 1888.

— Deuxième Rapport sur le projet d'une prise d'eau à Canti. Recueil des travaux du Comité consultatif d'hygiène ; séance du 9 décembre 1889.

LAFAILLE. — Annales de Toulouse.

LARROUY. — La Fièvre typhoïde à Toulouse. Thèse de doctorat en médecine. Toulouse, 1897.

LEYMERIE. — Description géologique et paléontologique de la Haute-Garonne (1881).

— Notice sur le pays toulousain (1879).

— Sur les conditions géologiques où se trouve le pays toulousain à l'égard des eaux souterraines et particulièrement des eaux artésiennes. Extrait du Journal pratique et d'économie rurale pour le midi de la France (Mém. et opuscules, 1864-1872).

LEYMERIE. — Notice sur le phénomène diluvien dans le bassin de Lavilledieu et dans les parties afférentes des vallées de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron. Extrait des Mém. de l' Ac. des sc. de Toulouse, 6e série, t. V. (Mém. et opuscules, 1864-1872).

— Etude sur l'étage inférieur du bassin sous-pyrénéen et sur la nature potable des roches qui lui servent de fond. Application à la question des eaux souterraines. Extrait des Mém. de l'Ac. des sc. de Toulouse, 6e série, t. IV, 1868. (Mém. et opuscules, 1864-1872).

MACÉ. — Traité pratique de bactériologie (1891).

MAGNES. — Notice chimique sur l'eau des puits des prisons de Toulouse. Mém. Ac. des sc. de Toulouse, tome premier, 1re partie (1827), p. 153.

MIQUEL. — Analyse bactériologique des eaux (1891).

DE MONTÉGUT. — Recherches sur les antiquités de Toulouse. Mém. Ac. des sc. de Toulouse, tome premier (1777), p. 65.

DE PLANET. — Fontaines publiques. Ancienne et nouvelle distribution d'eau à Toulouse. Mém. Ac. des sc. de Toulouse, 6e série, t. IV (1866), p. 387.

— Les Fontaines publiques de Toulouse (1889).

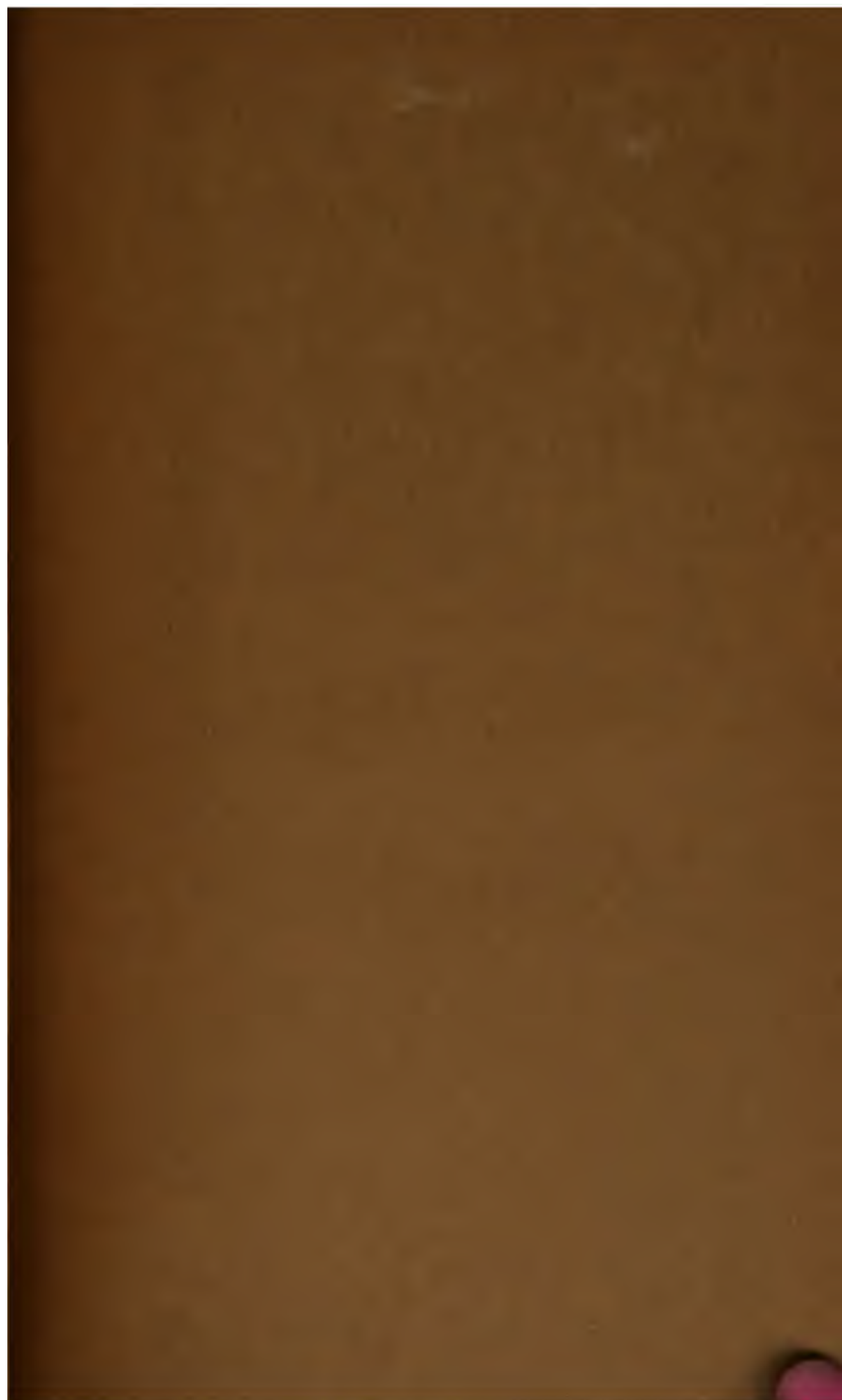
QUINTIN. — Rapport Avant-projet d'amélioration de la distribution d'eau (1895).

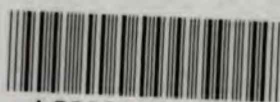
RÉMOND (de Metz). — Essai sur l'étiologie de la fièvre typhoïde. Bulletin de la Société de médecine de Toulouse (1893), p. 10.

ROUX. — Précis d'analyse microbiologique des eaux (1892).

P. SERMET. — Mémoire sur une inscription de Tholus. Mém. Ac. des sc. de Toulouse, tome troisième (1783), p. 65.

Toulouse. — Imprimerie LAGARDE et SEBILLE, rue Romiguières, 2




89088899752
b89088899752a




89088899752
B89088899752A